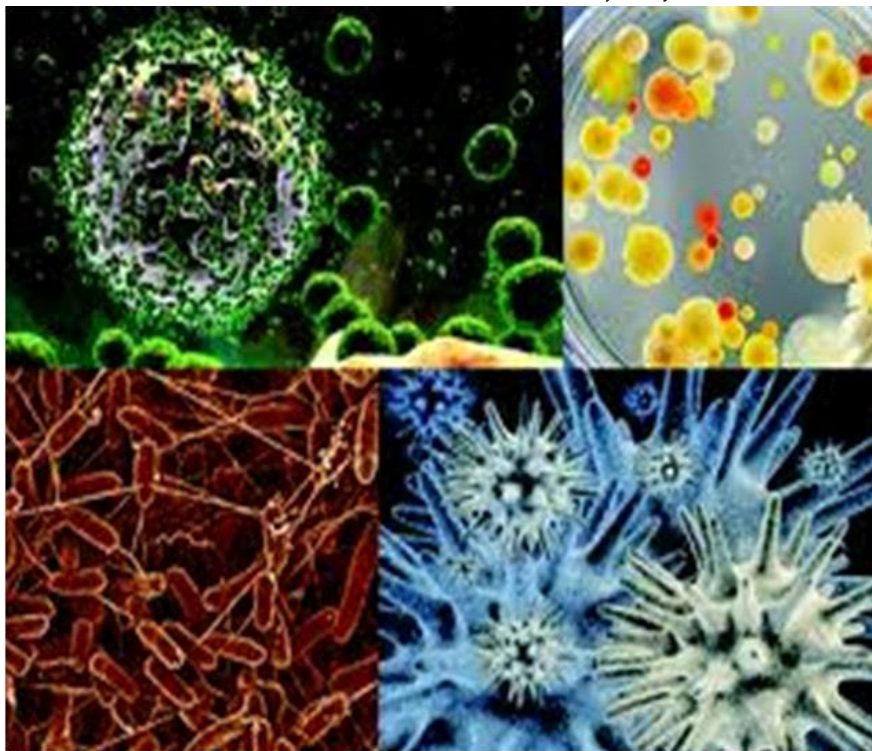


BUKU DARAS

Mikrobiologi Ternak

Amriana Hifizah, S.Pt., M.Anim.St.



UIN ALAUDDIN MAKASSAR
2012

BUKU DARAS

Amriana Hifizah, S.Pt., M.Anim.St.



UIN ALAUDDIN MAKASSAR
2012

BUKU DARAS

Mikrobiologi Ternak

Amriana Hifizah, S.Pt., M.Anim.St.



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UIN ALAUDDIN MAKASSAR
2012**

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat ALLAH SWT karena atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya berupa kesehatan dan kesempatan sehingga Buku Daras ini dapat terselesaikan pada waktunya.

Meskipun dalam penyelesaian Buku Daras ini penulis banyak mengalami rintangan dan kesulitan, tapi dengan ridho yang diberikan-Nya dan berkat bantuan dari berbagai pihak, maka segala hambatan tersebut dapat teratasi. Untuk itu penulis menyampaikan rasa terimakasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Bapak Dekan Fakultas Sains dan Teknologi atas bantuan dan kebijakan yang diberikan selama proses penulisan Buku Daras ini.
2. Rekan seprofesi yang telah memberikan bantuan moril selama proses penulisan.

Penulis menyadari keterbatasan dalam penyusunan Buku Daras ini, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak sangat diharapkan demi penyempurnaan penyusunan Buku Daras berikutnya.

Semoga Buku Daras ini dapat bermanfaat dalam pengembangan Ilmu Pengetahuan serta bagi para pembaca. Amin.

Samata, Agustus 2012

Penulis.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii

BAB I. SEJARAH MIKROBIOLOGI	1
-----------------------------------	---

A. Gambaran Singkat Mengenai Materi Kuliah	1
B. Pedoman Mempelajari Materi	1
C. Tujuan Pembelajaran	1

Materi Kuliah :

1.1. Asal Mula Istilah Mikrobiologi	1
1.2. Perkembangan Ilmu Mikrobiologi	7
1.3. Perkembangan Teknik dan Cara Kerja di Laboratorium Mikrobiologi	18

Latihan	19
Rangkuman	19
Tes Formatif	20

BAB II. PENTINGNYA MIKROBIOLOGI DALAM DUNIA PETERNAKAN 21

A. Gambaran Singkat Mengenai Materi Kuliah	21
B. Pedoman Mempelajari Materi	21
C. Tujuan Pembelajaran	21

Materi Kuliah :

2.1. Mengapa Mikrobiologi penting bagi Ilmu Peternakan?	21
2.2. Peran Mikroorganisme dalam dunia Peternakan	22
2.3. Contoh Penerapan Mikrobiologi dalam Peternakan	33

Latihan	35
Rangkuman	36
Tes Formatif	36

BAB III. BAKTERI 37

A. Gambaran Singkat Mengenai Materi Kuliah	37
B. Pedoman Mempelajari Materi	37
C. Tujuan Pembelajaran	37

Materi Kuliah :

3.1. Anatomi dan Morfologi Bakteri	39
3.2. Reproduksi Bakteri	50
3.3. Nutrisi Bakteri	51
3.4. Klasifikasi Bakteri	52
3.5. Teknik Isolasi Bakteri	67

Latihan	72
Rangkuman	72
Tes Formatif	73

BAB IV. VIRUS74

A. Gambaran Singkat Mengenai Materi Kuliah	74
B. Pedoman Mempelajari Materi	74
C. Tujuan Pembelajaran	74

Materi Kuliah :

4.1. Sejarah Penemuan Virus	76
4.2. Morfologi dan Anatomi Virus	78
4.3. Klasifikasi Virus	83
4.4. Reproduksi Virus	85
Latihan	94
Rangkuman	94
Tes Formatif	95

BAB V. JAMUR96

A. Gambaran Singkat Mengenai Materi Kuliah	96
B. Pedoman Mempelajari Materi	96
C. Tujuan Pembelajaran	96

Materi Kuliah :

5.1. Anatomi dan Morfologi Jamur	98
5.2. Klasifikasi Jamur	99
5.3. Reproduksi Jamur	105
5.4. Cara Makan dan Habitat Jamur	107
Latihan	108
Rangkuman	108
Tes Formatif	109

BAB VI. PROTOZOA114

A. Gambaran Singkat Mengenai Materi Kuliah	114
B. Pedoman Mempelajari Materi	114
C. Tujuan Pembelajaran	114
6.1. Anatomi dan Morfologi Protozoa	115
6.2. Klasifikasi Protozoa	117
6.3. Reproduksi Protozoa	121
6.4. Cara Memperoleh Makanan	121
6.5. Habitat	123
6.6. Peranan Protozoa	125
Latihan	126
Rangkuman	126
Tes Formatif	127

BAB VII. PENGHITUNGAN JUMLAH MIKROBA	128
A. Gambaran Singkat Mengenai Materi Kuliah	128
B. Pedoman Mempelajari Materi	128
C. Tujuan Pembelajaran	128

7.1. Faktor – Faktor Yang Mempengaruhi Pertumbuhan Mikroba	128
7.2. Cara Mendeteksi Mikroba	132
7.3. Penghitungan Jumlah Mikroba	139
Latihan	143
Rangkuman	143
Tes Formatif	144

BAB VIII. MIKROBA PADA SALURAN PENCERNAAN TERNAK	145
A. Gambaran Singkat Mengenai Materi Kuliah	145
B. Pedoman Mempelajari Materi	145

C. Tujuan Pembelajaran	145
8.1. Mikroba dalam Saluran Pencernaan Ternak Ruminansia	145
8.2. Mikroba Pada Saluran Pencernaan Ternak Non Ruminansia	171
Latihan	175
Rangkuman	176
Tes Formatif	176
 BAB IX. MIKROBA PADA PAKAN TERNAK	 177
A. Gambaran Singkat Mengenai Materi Kuliah	177
B. Pedoman Mempelajari Materi	177
C. Tujuan Pembelajaran	177
9.1. Jenis Mikroba yang biasa Mengkontaminasi Pakan	177
9.2. Proses Kontaminasi	185
9.3. Efek Kontaminasi	186
9.4. Petunjuk Praktis Pencegahan Proses Kontaminasi	188
Latihan	190
Rangkuman	191
Tes Formatif	191
 BAB X. MIKROBIOLOGI DALAM PENGOLAHAN PAKAN DAN PANGAN HASIL TERNAK	 192
A. Gambaran Singkat Mengenai Materi Kuliah	192
B. Pedoman Mempelajari Materi	192
C. Tujuan Pembelajaran	192
10.1. Mikrobiologi dalam Pengolahan Pakan Ternak	192
10.2. Mikrobiologi dalam Pengolahan Pangan Hasil Ternak	195

Latihan	201
Rangkuman	202
Tes Formatif	203
 DAFTAR PUSTAKA	 204

BAB I

SEJARAH MIKROBIOLOGI

A. Gambaran Singkat Mengenai Materi Kuliah

Materi kuliah ini membahas mengenai awal mula istilah mikrobiologi, sejarah perkembangan mikrobiologi, serta perkembangan teknik dan cara kerja di laboratorium mikrobiologi.

B. Pedoman Mempelajari Materi

Pahami dengan jelas isi materi mengenai awal mula istilah mikrobiologi, sejarah perkembangan mikrobiologi, perkembangan teknik dan cara kerja di laboratorium mikrobiologi. Kemudian cari materi pendukung berdasarkan sumber literatur.

C. Tujuan Pembelajaran

1. Mahasiswa dapat memaparkan awal mula istilah mikrobiologi
2. Mahasiswa dapat menjelaskan sejarah perkembangan ilmu mikrobiologi
3. Mahasiswa dapat menguraikan perkembangan teknik dan cara bekerja di laboratorium mikrobiologi

Materi Kuliah:

1.1. Asal Usul Istilah Mikrobiologi

Definisi mikroba adalah sebagai ilmu yang mempelajari tentang organisme mikroskopis. Mikrobiologi berasal dari bahasa Yunani, *mikros* = kecil, *bios* = hidup dan *logos* = ilmu. Ilmuwan menyimpulkan bahwa mikroorganisme sudah dikenal lebih kurang 4 juta tahun yang lalu dari senyawa organik kompleks yang terdapat di laut, atau mungkin dari gumpalan awan yang sangat besar yang mengelilingi bumi. Sebagai makhluk hidup pertama di bumi, mikroorganisme diduga merupakan nenek moyang dari semua makhluk hidup (Singleton dan Sainsbury. 2006).

Mikrobiologi meliputi berbagai disiplin ilmu seperti bakteriologi, imunologi, virologi, mikologi dan bakteriologi. Ilmu-ilmu ini telah berkembang dengan pesatnya dari tahun ke tahun, sehingga merupakan disiplin-disiplin yang terpisah dan berdiri sendiri.

Mikrobiologi merupakan suatu ilmu yang mempelajari makhluk hidup yang sangat kecil (diameter kurang dari 0,1 mm) yang dalam bentuk tunggal ataupun koloni umumnya tak dapat dilihat dengan mata biasa tanpa bantuan suatu peralatan khusus. Makhluk ini, yang disebut jasad renik atau mikroorganisme, terdapat di mana-mana. Diantaranya ada yang bermanfaat bagi kehidupan manusia, tetapi banyak pula yang merugikan seperti misalnya yang menimbulkan berbagai penyakit (Pelczar, 1999).

Dunia mikroorganisme terdiri dari 5 kelompok organisme, yaitu bakteri, protozoa, virus, algae, dan cendawan. Mikroorganisme sangat erat kaitannya dengan kehidupan sehari-hari. Beberapa diantaranya bermanfaat dan yang lain merugikan. Mikroorganisme yang bermanfaat antara lain yang menghuni tubuh (flora normal), beberapa mikroorganisme yang terlibat dalam proses fermentasi makanan seperti pembuatan keju, anggur, yoghurt, tempe atau oncom, kecap, produksi penisilin, sebagai agens biokontrol, serta yang berkaitan dengan proses pengolahan limbah. Mikroorganisme yang merugikan, antara lain yang sering menyebabkan berbagai penyakit (hewan, tumbuhan, manusia), diantaranya flu burung yang akhir-akhir ini menggemparkan dunia termasuk Indonesia, yang disebabkan oleh salah satu jenis mikroorganisme yaitu virus. Selain itu, juga terdapat beberapa jenis mikroorganisme yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan (Dwijoseputro, 1989).

Dunia mikroba lebih terbuka lagi ketika Louis Pasteur, seorang ahli kimia Prancis menemukan prinsip-prinsip dasar yang berkaitan dengan sifat hidup mikroorganisme, antara lain masalah fermentasi. Sehingga banyak masalah dan pertanyaan yang tadinya belum terjawab setelah penemuan-penemuan Pasteur menjadi jelas. Tampil pula peranan penemu lain yang banyak berjasa dalam mikrobiologi seperti Robert Koch, seorang dokter Jerman. Atas penemuan dan hasil penelitiannya, kemudian katan dan peranan mikroba sebagai penyebab penyakit dapat di terangkan secara jelas dengan postulat (batasan) yang telah di susunnya masih berlaku sampai sekarang yang umumnya disebut dengan Postulat Koch (Irianto, 2006).

a. Teori Generatio Spontanea (Abiogenesis) Dan Biogenesis

Dibawah ini akan di bahas teori abiogenesis yang awalnya di kemukakan oleh Aristoteles sebagaimana yang telah dijabarkan oleh Pelczar dan Chan (2008) dan Waluyo (2004) sebagai berikut:

1. Teori Abiogenesis

Setelah Leeuwenhoek menyingkapkan rahasia alam tentang mikroba, timbul rasa ingin tahu para ilmuwan tentang asal usul mikroba tersebut. Ada dua berpendapat mengenai hal ini. Beberapa orang percaya bahwa animalcules timbul dengan sendirinya dari bahan-bahan yang mati, sedangkan yang lain berpendapat bahwa mereka terbentuk dari benih yang selalu ada di udara.

Sebenarnya teori abiogenesis sudah sejak lama ada, hal ini terbukti Aristoteles (300 SM) telah berpendapat, bahwa makhluk-mahluk kecil terjadi begitu saja dari benda mati. Pendapat ini juga di anut oleh Needham, seorang bangsa polandia selama 5 tahun

mengadakan eksperimen-eksperimen dengan berbagai rebusan padi-padian daging dan lain sebagainya. Meskipun air rebusan tersebut disimpan rapat-rapat dalam botol tertutup, namun masih timbul mikroorganisme dengan perkataan lain kehidupan baru dapat timbul dari barang mati.

Teori Generatio Spontanea ini di kembangkan untuk menjelaskan adanya lalat pada daging yang membusuk pada air yang menggenang, pada abad XIX, muncul isu ilmu pengetahuan mengenai dari mana asal-usul kehidupan. Setelah ditemukannya suatu dunia organisme yang tidak tampak dengan mata telanjang membangun minat terhadap perbedaan mengenai asal-usul kehidupan yaitu dari manakah asal jasad-jasad renik itu muncul, maka timbullah pertentangan antar ilmuwan sehingga lahirlah teori biogenesis.

2. Teori Biogenesis

Pengetahuan tentang mikroorganisme semakin bertambah, sedikit demi sedikit bahkan generatio spontanea pada makhluk hidup tidak ada. Hal ini dibuktikan pada tahun 1665 oleh Francesco Redi, seorang dokter dari italia dari hasil percobaannya, ditunjukkan bahwa ulat berkembang biak di dalam daging busuk tidak akan terjadi bila daging disimpan dalam suatu tempat di tutup dengan kasa sehingga lalat tidak dapat menaruh telurnya dalam daging itu.



Gambar 1. Percobaan Redi (Sujudi, 1994)

Redi melakukan eksperimen dengan memasukkan daging kedalam wadah yang ditutup dengan kain tipis yang berlubang halus untuk mencegah masuknya lalat, ia membuktikan bahwa belatung tidak terjadi secara mendadak pada daging yang membusuk. Lalatlah yang tertarik pada daging yang membusuk, bertelur pada kain tipis yang penutup wadah. Ketiadaan belatung yang tumbuh pada daging yang membusuk memberikan bukti yang menentukan untuk menentang perkembangan secara mendadak. Percobaan Redi.

Orang yang juga menentang pendapat Aristoteles dan Needham adalah Lazzaro Spallanzani pada tahun 1768. Dia

mengatakan bahwa perebusan dan penutupan botol-botol berisi air rebusan yang dilakukan oleh Needham tidak sempurna. Spallanzani sendiri merebus sepotong daging sampai berjam-jam lamanya, kemudian air rebusan itu di tutup rapat-rapat di dalam botol, dengan demikian tidak diperoleh mikroorganisme baru

Pada tahun 1836 Schultze memperbaiki eksperimen Spallanzani dengan mengalirkan udara lewat suatu asam atau basa yang keras kedalam botol isi kaldu yang telah direbus dengan baik terlebih dahulu. Pada tahun 1837 membuat percobaan serupa itu juga dengan mengalirkan udara lewat pipa yang dipanasi berjam-jam lamanya. Berikut gambar percobaan Schultze dengan menggunakan alat yang dirancangnya sendiri. .

Schoeder dan Th. Von Dusch tahun 1854 menemukan suatu akal untuk menyaring udara yang menuju ke dalam botol yang berisi kaldu, dan demikian tumbanglah teori abiogenesis. Percobaan Schoeder dan Th. Von Dush

Pada tahun 1865 Louis Pasteur melakukan percobaan, dimana dia menggunakan suatu botol yang berisi kaldu dengan di tutup oleh pipa yang melengkung seperti leher angsa. Dengan akal yang istimewa ini pasteur dapat meyakinkan kepada khalayak, bahwa tidak ada kehidupan baru yang timbul dari barang mati.

Serangkaian percobaan lain berusaha membuktikan bahwa teori abiogenesis tidak benar adalah John Tyndall. Ia seorang ahli fisika dari inggris dan merupakan seorang pendukung Pasteur. Thyndall melakukan serangkaian percobaan dengan kaldu yang terbuat dari daging dan sayuran segar, ia memperoleh cara sterilisasi dengan menaruh tabung-tabung kaldu ayam dalam air garam yang sudah mendidih 5 menit. Dari hal tersebut dapat disimpulkan bahwa pada bakteri terdapat fase-fase tertentu yang satu bersifat termolabil dan yang satunya bersifat termoresisten. Yang kemudian Tyndall melanjutkan dengan mengembangkan cara sterilisasi dengan pemanasan terputus, yang kemudian disebut sebagai Tyndalisasi.

b. Teori Nurlah Fermentation

Pada tahun 1837, C. Cagniard-Latour, Th. Schawann, dan F. Kutzing secara terpisah mengemukakan bahwa khamir yang terdapat pada proses fermentasi yang menghasilkan alkohol adalah tumbuhan renik. Cukup ironis sekali , Louis Pasteur seorang ahli kimia dapat meyakinkan dunia ilmu pengetahuan bahwa semua proses fermentasi adalah hasil kegiatan mikroorganisme. Karya Pasteur mengenai fermentasi berpangkal dari hal yang praktis. Pabrik minuman keras di Lille meminta tolong kepada Pasteur. Selama penyelidikannya mengenai fermentasi, Pasteur menemukan peristiwa biologis lainnya,

yakni bentuk kehidupan yang dapat hidup tanpa oksigen bebas. Dengan penemuannya ini ia memperkenalkan istilah Aerobik dan Anaerobik yang masing-masing menandakan kehidupan beroksigen dan tanpa oksigen (Sujudi, 1994).

Fermentasi terjadi jika jus anggur kita biarkan. Melalui serangkaian perubahan biokimia, alkohol dan senyawa lain dihasilkan dari anggur tersebut. Salah satu alasan mengapa Pasteur ingin menentang pendapat *generatio spontanea* adalah keyakinannya bahwa produk fermentasi anggur merupakan hasil mikroorganisme yang ada, bukan fermentasi menghasilkan mikroorganisme sebagaimana yang dipercaya pada waktu tersebut. Pada tahun 1850 Pasteur memecahkan masalah yang timbul dalam industri anggur. Dengan meneliti anggur yang baik dan anggur yang kurang bagus Pasteur menemukan mikroorganisme yang berbeda. Mikroorganisme tertentu mendominasi anggur yang bagus sementara tipe mikroorganisme lain mendominasi anggur yang kurang bagus. Dia menyimpulkan bahwa pemilihan mikroorganisme yang sesuai akan menghasilkan produk yang bagus. Untuk itu dia memusnahkan mikroba yang telah ada dalam sari buah anggur dengan cara memanaskannya. Setelah dingin ke dalam sari buah tersebut diinokulasi dengan anggur yang berkualitas baik yang mengandung mikroorganisme yang diinginkan. Hasilnya menunjukkan bahwa anggur yang dihasilkan memiliki kualitas yang baik dan tidak mengalami perubahan aroma selama disimpan jika sebelumnya dipanasi dulu selama beberapa menit pada 50°C sampai 60°C. Proses ini dikenal dengan Pasteurisasi yang digunakan secara luas di bidang industri makanan. Sebelumnya orang meningkatkan produk fermentasi melalui trial and error dimana sebelumnya tidak tahu bahwa kualitas produk tergantung pada mikroorganisme tertentu (Sujudi, 1994).

c. Teori Nutfah Penyakit

Disamping membuat revolusi (perubahan besar) dalam bidang industri anggur, Pasteur dan asistennya juga mengemukakan teori baru mengenai penyebab penyakit. Dalam penelitiannya mereka menemukan agen penyebab penyakit serius baik pada hewan maupun manusia. Tetapi sebelum Pasteur telah membuktikan bahwa mikroba merupakan penyebab penyakit, beberapa peneliti membuat argumen yang kuat terhadap teori bakteri penyebab penyakit. Sebelumnya, dalam sejarah manusia ada kepercayaan bahwa penyakit itu disebabkan oleh beberapa faktor yang tidak jelas misalnya udara yang jelek, darah yang jelek dan lain-lainnya.

Pada tahun 1546, Girolamo Fracastolo (1483–1553) berpendapat bahwa penyakit dapat disebabkan oleh mikroorganisme,

ditularkan dari 1 orang ke orang lain. Sebagian besar informasinya berasal dari percakapannya dengan para pelaut yang baru pulang dari perjalanannya ke luar negeri, dimana mereka menyaksikan penyebaran berbagai penyakit. Lebih dari 200 tahun kemudian Anton von Plenciz (1705–1786) mengatakan bahwa tidak hanya makhluk hidup yang merupakan penyebab penyakit tetapi juga agen yang lain merupakan penyebab penyakit yang berbeda. Pada saat yang bersamaan konsep tentang makhluk hidup atau bentuk lain yang menggunakan nutrisi mulai diterima. Setelah sukses dengan fermentasinya, Pasteur diminta untuk meneliti penyakit ulat sutra yang merugikan industri di Perancis. Dia menghabiskan waktu 6 tahun untuk membuktikan bahwa mikroorganisme yang disebut dengan protozoa dapat menyebabkan penyakit. Pasteur juga menunjukkan kepada petani ulat sutra bagaimana cara menghilangkan penyakit dengan cara memilih ulat sutra yang bebas penyakit untuk ditanamkan (Pelczar, 1999).

Edward Jenner (1749-1823) melihat bahwa pemerah susu sapi yang mendapatkan infeksi cacar sapi (cowpox) ternyata kebal terhadap penyakit cacar (smallpox atau variola). Ia kemudian menyusun suatu konsep tentang vaksinasi dan berhasil membangkitkan/menimbulkan kekebalan pada orang-orang terhadap cacar smallpox) dengan jalan envaksinasinya memakai cacar sapi (cowpox). Edward Jenner ini kemudian dicontoh oleh Pasteur untuk membuktikan vaksin terhadap penyakit chicken cholera, anthrax dan rabies (Pelczar, 1999).

Di Jerman, Robert Koch (1843–1910) seorang profesional di bidang kesehatan mulai meneliti dunia mikroorganisme yang sudah dilihat oleh Pasteur. Pasteur maupun Koch bersama-sama ingin mengetahui penyebab penyakit anthrax yang sangat merugikan peternak sapi dan domba di Eropa. Koch akhirnya menemukan dari darah domba yang telah mati karena anthrax (Pelczar dan Chan, 2008).

Dengan sering meninggalkan prakteknya sebagai dokter, Koch membuktikan bahwa bakteri tersebut penyebab anthrax dengan cara memisahkan bakteri untuk bahan tersebut dari bakteri lain yang ada kemudian menginjeksikannya ke dalam tikus yang sehat. Tikus selanjutnya menunjukkan perkembangan menuju anthrax dan bakteri yang diisolasi dari tikus menunjukkan kesamaan bakteri yang berasal dari domba yang sakit sebelumnya. Pada 1876, setelah meneliti selama 6 tahun Koch mengumumkan bahwa dia telah menemukan bakteri penyebab anthrax. Ia juga menyarankan bahwa ternak sakit supaya dibunuh dan dibakar atau dikubur yang dalam, setelah ia mengetahui bahwa spora yang dihasilkan oleh bakteri dapat bertahan hidup selama berbulan-bulan di daerah peternakan. Dengan penemuan anthraxnya Koch merupakan orang pertama yang membuktikan mikroba tertentu merupakan agen penyakit tertentu. Selanjutnya Koch dan peneliti lain

menemukan bakteri penyebab tuberculosis dan cholera (Dwijoseputro, 1989).

Perkembangan teknik laboratorium untuk mempelajari mikroorganisme Koch dan anggotanya banyak memberi kontribusi mengenai teknik-teknik tersebut. Diantaranya adalah prosedur pengecatan bakteri untuk pengamatan dengan mikroskop cahaya. Salah satu kolega Koch adalah Paul Erlich (1854–1915) yang melakukan penelitian terhadap spesimen dan menggunakannya untuk mewarnai bakteri termasuk bakteri penyebab tuberkulosis (Irianto, 2006).

Selain bidang kekebalan juga telah dilakukan percobaan-percobaan dengan bahan-bahan kimia untuk mengobati suatu infeksi. Penemuan penisilin oleh Alexander Fleming (1929) dilanjutkan oleh Florey & Chain (1940) untuk mempergunakannya dalam pengobatan, yang ternyata hasilnya sangat menakjubkan. Penemuan penisilin ini kemudian disusul oleh penemuan-penemuan antibiotika lainnya yang jumlahnya sangat banyak (Irianto, 2006).

Tak dapat disangkal lagi bahwa mikrobiologi telah mengubah pandangan manusia mengenai timbulnya penyakit-penyakit dan menyingkirkan pendapat/kepercayaan terhadap generatio spontaneae serta menempatkan proses pembusukan/atau fenomena-fenomena lain yang serupa pada tempat yang sebenarnya dalam siklus benda, baik yang hidup ataupun yang mati.

1.2. Perkembangan Ilmu Mikrobiologi

Perkembangan mikrobiologi terbagi dalam 3 era, yaitu :

a. Era Perintisan (Prasejarah-1850)

Pada periode perintisan ini timbul fenomena, batasan (postulat) tentang segala sesuatu yang berhubungan dengan mikrobiologi secara umum maupun secara khusus, yang berkaitan dengan bidang kesehatan lingkungan, pertanian, peternakan dan lain sebagainya. Dalam periode ini para ahli mencoba mencari jawaban dari berbagai permasalahan yang timbul di lingkungannya yang mungkin berkaitan dengan mikroba, antara lain dari mana asal mula kehidupan yang pertama, kenapa makanan menjadi rusak (membusuk, berlendir), bagaimana suatu penyakit dapat menular dan menyebar (masalah kontagion), kenapa bila terjadi luka bisa membengkak dan mengeluarkan nanah, dan bagaimana proses fermentasi terjadi (Waluyo, 2004).

Istilah mikroskop berasal dari bahasa Yunani, yaitu kata *micron* yang berarti kecil dan *scopos* yang artinya tujuan. Dari dua pengertian tersebut, mikroskop dapat diartikan sebagai alat yang dibuat atau dipergunakan untuk melihat secara detail obyek yang terlalu kecil apabila dilihat oleh mata telanjang dalam jarak yang dekat. Ilmu yang mempelajari benda kecil dengan menggunakan alat ini disebut mikroskopi, dan kata mikroskopik berarti sangat kecil, tidak mudah terlihat oleh mata (Pelczar, 1999).

Menurut sejarah orang yang pertama kali berpikir untuk membuat alat yang bernama mikroskop ini adalah Zacharias Janssen. Janssen sendiri sehari-harinya adalah seorang yang kerjanya membuat kacamata. Dibantu oleh Hans Janssen mereka membuat mikroskop pertama kali pada tahun 1590. Mikroskop pertama yang dibuat pada saat itu mampu melihat perbesaran objek hingga dari 150 kali dari ukuran asli (Pelczar dan Chan, 2008).

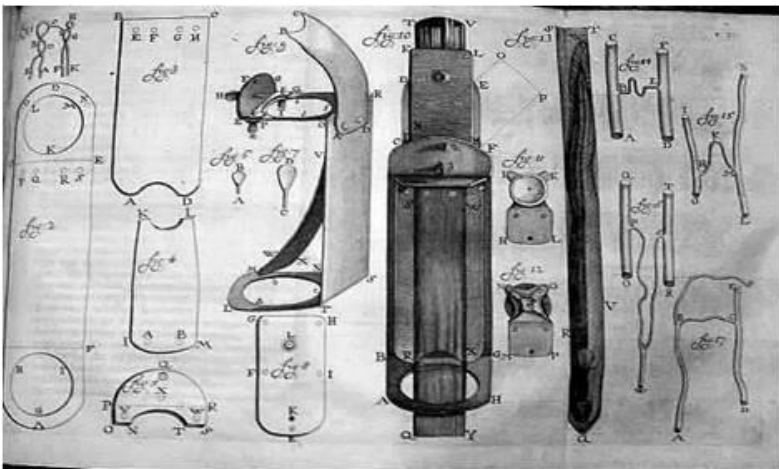
Temuan mikroskop saat itu mendorong ilmuwan lain, seperti Galileo Galilei (Italia), untuk membuat alat yang sama. Bahkan Galileo mengklaim dirinya sebagai pencipta pertama yang telah membuat alat ini pada tahun 1610. Galileo menyelesaikan pembuatan mikroskop pada tahun 1609 dan mikroskop yang dibuatnya diberi nama yang sama dengan penemunya, yaitu mikroskop Galileo (Pelczar dan Chan, 2008).

Mikroskop jenis ini menggunakan lensa optik, sehingga disebut mikroskop optik. Mikroskop yang dirakit dari lensa optik memiliki kemampuan terbatas dalam memperbesar ukuran obyek. Hal ini disebabkan oleh limit difraksi cahaya yang ditentukan oleh panjang gelombang cahaya. Secara teoritis, panjang gelombang cahaya ini hanya sampai sekitar 200 nanometer. Untuk itu, mikroskop berbasis lensa optik ini tidak bisa mengamati ukuran di bawah 200 nanometer (Pelczar dan Chan, 2008).

Setelah itu seorang berkebangsaan belanda bernama Antony Van Leeuwenhoek (1632-1723) terus mengembangkan pembesaran mikroskopis. Antony Van Leeuwenhoek sebenarnya bukan peneliti atau ilmuwan yang profesional. Profesi sebenarnya adalah sebagai 'wine taster' di kota Delf, Belanda. Ia biasa menggunakan kaca pembesar untuk mengamati serat-serat pada kain. Tetapi rasa ingin tahunya yang besar terhadap alam semesta menjadikannya salah seorang penemu mikrobiologi (Anonim, 2009^a).

Leeuwenhoek menggunakan mikroskopnya yang sangat sederhana untuk mengamati air sungai, air hujan, ludah, feses dan lain sebagainya. Ia tertarik dengan banyaknya benda-benda kecil yang dapat bergerak yang tidak terlihat dengan mata biasa. Ia menyebut benda-

benda bergerak tadi dengan ‘animalcules’ yang menurutnya merupakan hewan-hewan yang sangat kecil. Penemuan ini membuatnya lebih antusias dalam mengamati benda-benda tadi dengan lebih meningkatkan mikroskopnya. Hal ini dilakukan dengan menumpuk lebih banyak lensa dan memasangnya di lempengan perak. Akhirnya Leeuwenhoek membuat 250 mikroskop yang mampu memperbesar 200 sampai 300 kali. Leeuwenhoek mencatat dengan teliti hasil pengamatannya tersebut dan mengirimkannya ke British Royal Society. Salah satu isi suratnya yang pertama pada tanggal 7 September 1674 ia menggambarkan adanya hewan yang sangat kecil yang sekarang dikenal dengan protozoa. Antara tahun 1663-1723 ia menulis lebih dari 300 surat yang melaporkan berbagai hasil pengamatannya. Salah satu diantaranya adalah bentuk batang, coccus maupun spiral yang sekarang dikenal dengan bakteri. Penemuan-penemuan tersebut membuat dunia sadar akan adanya bentuk kehidupan yang sangat kecil yang akhirnya melahirkan ilmu mikrobiologi (Anonim, 2009³).



Gambar 2. Mikroskop pertama ciptaan Leewenhoek (Sujudi, 1994)

Keterbatasan pada mikroskop Leeuwenhoek adalah pada kekuatan lensa cembung yang digunakan. Untuk mengatasinya digunakan lensa tambahan yang diletakkan persis didepan mata pengamat yang disebut eyepiece, sehingga obyek dari lensa pertama (kemudian disebut lensa obyektif) dapat diperbesar lagi dengan menggunakan lensa kedua ini. Pada perkembangan selanjutnya ditambahkan pengatur jarak antara kedua lensa untuk mempertajam fokus, cermin atau sumber pencahayaan lain, penadah obyek yang dapat digerakkan dan lain-lain, yang semua ini merupakan dasar dari pengembangan mikroskop modern yang kemudian disebut mikroskop cahaya atau Light Microscope (LM) (Sujudi, 1994).

LM modern mampu memberikan pembesaran (magnifikasi) sampai 1.000 kali dan memungkinkan mata manusia dapat membedakan dua buah obyek yang berjarak satu sama lain sekitar 0,0002 mm (disebut daya resolusi 0,0002 mm). Seperti diketahui mata manusia yang sehat disebut-sebut mempunyai daya resolusi 0,2 mm. Pada pengembangan selanjutnya diketahui bahwa kemampuan lensa cembung untuk memberikan resolusi tinggi sudah sampai pada batasnya, meskipun kualitas dan jumlah lensanya telah ditingkatkan. Belakangan diketahui bahwa ternyata panjang gelombang dari sumber cahaya yang digunakan untuk pencahayaan berpengaruh pada daya resolusi yang lebih tinggi. Diketahui bahwa daya resolusi tidak dapat lebih pendek dari panjang gelombang cahaya yang digunakan untuk pengamatan. Penggunaan cahaya dengan panjang gelombang pendek seperti sinar biru atau ultra violet dapat memberikan sedikit perbaikan, kemudian ditambah dengan pemanfaatan zat-zat yang mempunyai indeks bias tinggi (seperti minyak), resolusi dapat ditingkatkan hingga di atas 100 nanometer (nm). Hal ini belum memuaskan peneliti pada masa itu, sehingga pencarian akan mode baru akan mikroskop terus dilakukan (Sujudi, 1994).

b. Era Keemasan (1850-1910)

Periode keemasan ini dikaitkan dengan penemuan-penemuan baru terutama oleh Robert Koch, tentang piaraan murni. Berdasarkan hal tersebut ia mengemukakan 4 dalil (postulat) yang terkenal dengan “Postulat Koch” (Pelczar dan Chan, 2008). Hasil penelitian Koch di kenal dengan POSTULAT KOCH :

1. Mikroorganisme tertentu selalu dapat dijumpai berasosiasi dengan penyakit tertentu.
2. Mikroorganisme itu dapat diisolasi dan ditumbuhkan menjadi biakan murni di laboratorium.
3. Biakan murni mikroorganisme tersebut akan menimbulkan penyakit itu bila disuntikkan pada hewan yang rentan.
4. Penggunaan prosedur laboratorium memungkinkan diperolehnya kembali mikroorganisme yang disuntikkan itu dari hewan yang dengan sengaja diinfeksi dalam percobaan.

Penyelidikan lebih lanjut mengatakan bahwa, keempat dalil itu tidak selalu berlaku. Misalnya, basil tipus *Salmonella typhosa* dapat dipelihara secara murni, tetapi hasil yang dipelihara itu tidak dapat lagi menimbulkan penyakit tipus pada hewan yang masih sehat.

Basil yang telah dipelihara itu telah kehilangan keganasannya. Kelemahan lain dari postulat koch adalah bahwa tidak setiap bakteri patogen dipiara secara murni. Penelitian-penelitian Koch yang lain

adalah pembiakan kuman antraks (1876). Koch juga menemukan cara pewarnaan dan cara-cara memperoleh bakteri dalam biakan murni dengan menggunakan pembiakan padat. Disamping itu ia juga menemukan kuman Tuberkolosis (1882), *Vibrio cholerae* (1883), dan menemukan hipersensitifitas pada kuman *Mycobacterium tuberculosis* (Pelczar, 1999).

Pada periode keemasan juga ditemukan cawan petri (petri disk) di dalam cara teknik mikroba oleh Petri salah seorang asisten Koch. Penemuan Christian Gram (1844) untuk sistem pewarnaan bakteri, sehingga bakteri terbagi menjadi dua kelompok besar, yakni Gram positif dan Gram negatif. Penemuan Chamberland, yakni bahan dengan sistem saringan atau filter (1887) secara fisik (Anonim, 2009^a).

c. Era Modern (1910-sekarang)

Seiring dengan berkembangnya ilmu pengetahuan dan perbaikan dalam teknik penelitian termasuk disempurnakannya alat-alat mikroskopi, klasifikasi dalam dunia hewan dan tumbuhan semakin sulit dan terkadang sudah tidak sesuai ketentuan. Sebagai contoh, dinding sel tumbuhan yang umumnya terdiri dari selulosa dan pada hewan sel-selnya tidak memiliki dinding sel yang sebenarnya, tetapi justru pada beberapa sel hewan membran yang membungkusnya dalam bentuk padat dan menebal. Kitin antara lain, banyak ditemukan pada species hewan sebagai pelapis, tetapi pada fungi juga banyak, selain itu pada hewan primitif misalnya kordata juga ada sel-sel yang berdinding selulosa (Irianto, 2006).

Era modern perkembangan mikrobiologi ini ditandai dengan dipakainya metode dan alat yang mutakhir, seperti misalnya mikroskop elektron, kromatografi, sampai dengan komputer. Masalah-masalah pelik yang sebelumnya belum terungkap dan belum dijelaskan misalnya antibiotik, vaksin, serum, sekarang telah diketahui. Virus, misalnya sudah sejak lama Pasteur dan Koch telah melakukan penelitian. Tetapi publikasi yang lebih jelas mengenai virus baru diumumkan oleh Iwanowski, yaitu sebagai penyebab penyakit aneh pada daun tembakau (TMV atau tobacco mosaic virus) terungkaplah Herelle (1967) dan Towert (1951) menemukan fenomena lisis pada biakan kuman, yang disebabkan oleh bakteriofage (virus yang menyerang bakteri). Fleming (1925) secara kebetulan menemukan jamur *Penicillium* yang dapat membuat zat penghancur bakteri *Stafilokokus*. Jerne (1955) mengungkapkan teori seleksi ilmiah dari sintesis antibodi. Burner (1957) mengemukakan seleksi klonal, dan Burnet (1967) memperkenalkan daya pencegahan imunologis. Periode modern masih akan ditandai masih akan mempunyai sejarah panjang di zaman sekarang, kalau dikaitkan dengan semakin luasnya wawasan

mikrobiologi di berbagai bidang ilmu lainnya. Ada beberapa penemuan di era modern (Waluyo, 2004; Pelczar dan Chan, 2008) yaitu :

1). Mikroskop Elektron

Pada tahun 1920 ditemukan suatu fenomena di mana elektron yang dipercepat dalam suatu kolom elektromagnet, dalam suasana hampa udara (vakum) berkarakter seperti cahaya, dengan panjang gelombang yang 100.000 kali lebih kecil dari cahaya. Selanjutnya ditemukan juga bahwa medan listrik dan medan magnet dapat berperan sebagai lensa dan cermin terdapat elektron seperti pada lensa gelas dalam mikroskop cahaya. Untuk melihat benda berukuran di bawah 200 nanometer, diperlukan mikroskop dengan panjang gelombang pendek. Dari ide inilah, di tahun 1932 mikroskop elektron semakin berkembang lagi.

Sebagaimana namanya, mikroskop elektron menggunakan sinar elektron yang panjang gelombangnya lebih pendek dari cahaya. Karena itu, mikroskop elektron mempunyai kemampuan pembesaran obyek (resolusi) yang lebih tinggi dibanding mikroskop optik. Mikroskop electron mampu pembesaran objek sampai 2 juta kali, yang menggunakan elektro statik dan elektro magnetik untuk mengontrol pencahayaan dan tampilan gambar serta memiliki kemampuan pembesaran objek serta resolusi yang jauh lebih bagus daripada mikroskop cahaya.

Mikroskop elektron ini menggunakan jauh lebih banyak energi dan radiasi elektromagnetik yang lebih pendek dibandingkan mikroskop cahaya. Sebenarnya, dalam fungsi pembesaran obyek, mikroskop elektron juga menggunakan lensa, namun bukan berasal dari jenis gelas sebagaimana pada mikroskop optik, tetapi dari jenis magnet. Sifat medan magnet ini bisa mengontrol dan mempengaruhi elektron yang melaluinya, sehingga bisa berfungsi menggantikan sifat lensa pada mikroskop optik. Kekhususan lain dari mikroskop elektron ini adalah pengamatan obyek dalam kondisi hampa udara (vacuum). Hal ini dilakukan karena sinar elektron akan terhambat alirannya bila menumbuk molekul-molekul yang ada di udara normal. Dengan membuat ruang pengamatan obyek ber kondisi vacuum, tumbukan elektron molekul bisa dihindarkan.

Dengan mikroskop elektron yang mempunyai perbesaran lebih dari 10.000 X, kita dapat melihat objek mikroskop dengan lebih detail. Perkembangan mikroskop ini mendorong berbagai penemuan di bidang biologi, seperti penemuan sel, bakteri, dan partikel mikroskopis yang akan dipelajari berikut yaitu virus. Penemuan virus melalui perjalanan panjang dan melibatkan penelitian dari banyak ilmuwan.

Dengan berkembangnya jenis mikroskop elektron, maka ditemukan adanya mikroorganisme yang mirip hewan dan mirip tumbuhan, misalnya *Euglena*. *Euglena* merupakan protozoa yang berflagel tetapi memiliki klorofil dalam kloroplas seperti pada tanaman tingkat tinggi, dimasukkan dalam golongan tumbuhan karena berklorofil, tetapi ada juga yang memasukkan dalam golongan hewan karena bergerak aktif dan memiliki bintik mata. Berdasarkan ini maka muncullah kingdom Protista (Protistos = primitif /yang pertama).

Antara sel tumbuhan dan hewan ada beberapa persamaan mendasar, tetapi ada dua tipe sel yang mutlak berbeda yaitu : *Eukariotik* (*eu* = benar, asli; *karyon* = nukleus) dan *Prokariotik* (*Pro* = primitif)

Tabel 1. Perbedaan utama dari tipe sel Prokariotik dan Eukariotik :

Subjek	Prokariotik (bakteri, sianobakteri)	Eukariotik (algae, cendawan,protozoa, tumbuhan, hewan)
Dinding sel (bila ada) : Komponen kimiawi peptidoglikan	+	-
Daerah sitoplasma : Mesosom Mitokondria Kloroplas Struktur Golgi Retikulum Endoplasma Vakuola terbatas membran	+ - - - - -	- + + + + +
Bahan nukleus : Terbatas membran	-	+
Reproduksi seksual	jarang	+

Sumber : Pelczar dan Chan (1999)

2). Penemuan Antiseptik

Secara umum sepsis berarti efek toksis dari mikroorganisme penyebab penyakit pada tubuh selama infeksi. Antiseptik merupakan ukuran-ukuran yang menghentikan efek tersebut dengan pencegahan infeksi. Oliver Weldell Holmes (1809-1894) seorang dokter Amerika pada tahun 1843 menekankan bahwa penyakit demam pada wanita bersifat menular. Tahun 1846 seorang dokter dari Hungaria, Ignaz

Philipp Semmelweis menemukan penggunaan klorin sebagai desinfektan untuk tangan dokter. Pada tahun 1860 ahli bedah dari Inggris, Joseph Lister menemukan asam karbol atau phenol dapat digunakan untuk membunuh bakteri. Lister menggunakan larutan ini untuk merendam alat-alat bedah dan menyemprot ruangan operasi.

Cara tersebut demikian sukses untuk mengatasi infeksi setelah operasi yang sebelumnya menyebabkan kematian 45% dari pasiennya. Cara tersebut segera dapat diterima dan dilakukan oleh ahli bedah yang lain. Penemuan tersebut merupakan hari penemuan teknik aseptik untuk mencegah infeksi. Sekarang ini berbagai macam senyawa kimia dan alat fisik lain dapat mengurangi mikroorganisme di ruang operasi, ruangan untuk bayi prematur dan ruangan tempat memasukkan obat ke dalam kontainer yang steril.

3). Penemuan Imunisasi

Tahun 1880, Pasteur menggunakan teknik dari Koch untuk mengisolasi dan membiakkan bakteri yang menyebabkan kolera pada ayam. Untuk membuktikan penemuannya, Pasteur membuat demonstrasi di hadapan publik tentang percobaannya yang telah dilakukan berulang kali di laboratorium. Dia menginjektikan biakan bakteri kolera pada ayam sehat dan menunggunya sampai ayam tersebut menunjukkan gejala penyakit. Akan tetapi hasilnya membuat Pasteur mendapat malu karena ayamnya tetap hidup dan sehat. Pasteur kemudian mengevaluasi langkah-langkah yang menyebabkan demonstrasi tersebut gagal. Dia menemukan bahwa secara kebetulan dia menggunakan biakan tua seperti yang telah dilakukan sebelumnya, dan satu kelompok adalah ayam yang tidak pernah diinokulasi. Selanjutnya kedua kelompok ayam tersebut diinjeksi dengan biakan segar. Hasilnya, kelompok ayam yang kedua mati sedang kelompok ayam pertama tetap sehat. Hal ini membuatnya bingung, tetapi Pasteur segera menemukan jawabannya. Pasteur menemukan bahwa, bakteri jika dibiarkan tumbuh menjadi biakan tua menjadi avirulen yaitu kehilangan virulensinya atau kemampuan untuk menyebabkan penyakit. Tetapi bakteri avirulen ini masih dapat menstimulasikan sesuatu dalam tubuh hospes dan pada infeksi berikutnya menjadi imun atau tahan terhadap penyakit. Pasteur selanjutnya menerapkan prinsip imunisasi untuk mencegah anthrax. Pasteur menyebutkan bakteri yang telah avirulen tersebut dengan vaccin dari bahasa latin "vacca" artinya sapi dan imunisasi dengan biakan tersebut dikenal dengan vaksinasi.

Dengan vaksinasi tersebut Pasteur mengetahui hasil kerja sebelumnya oleh Edward Jenner (1823-1949) yang telah sukses memvaksinasi para pekerjanya di peternakan yang telah terkena cowpox dari ternak sapi yang tetapi tidak pernah berkembang menjadi serius. Jenner menduga bahwa menghadapi cawpox akan

mencegahnya dari serangan smallpox. Untuk membuktikan hipotesisnya Jenner menginokulasi pendapat dari James Philips pertama dengan materi yang menyebabkan cowpox yang diambil dari luka, kemudian dari agen smallpox. Anak laki-laki tersebut tidak menunjukkan gejala smallpox. Nama Pasteur selanjutnya dikenal dimana-mana banyak orang dianggap sebagai peneliti tentang mikroorganisme yang azaib. Untuk itu ia diminta membuat vaksin pencegah hidrofobia atau rabies, penyakit yang ditularkan ke manusia melalui gigitan anjing, kucing atau hewan yang terinfeksi lainnya.

Pasteur adalah seorang ahli kimia, bukan dokter dan Pasteur tidak biasa memperlakukan manusia. Disamping kenyataan bahwa penyebab penyakit rabies belum diketahui, tetapi Pasteur mempunyai keyakinan yang kuat bahwa itu adalah mikroorganisme. Ia dapat membuat kelinci terkena penyakit setelah diinokulasi dengan saliva anjing. Selanjutnya Pasteur dan asistennya mengambil otak dan tulang belakang kelinci tersebut dan menginginkannya dan membuatnya menjadi larutan. Anjing yang diinokulasi dengan campuran tersebut dapat terhindar dari rabies. Akan tetapi vaksinasi terhadap anjing sangat berbeda dengan manusia. Pada bulan Juli 1885, seorang anak laki-laki bernama Joseph Meister digigit oleh serigala dan keluarganya membujuk Pasteur untuk menginokulasi anak tersebut. Kekawatiran Pasteur dan orang-orang menjadi berkurang setelah anak laki-laki tersebut tidak mati. Selanjutnya Pasteur menjadi terkenal dan memperoleh banyak dana yang kemudian digunakan untuk mendirikan Institute Pasteur di Paris yang sangat terkenal.

4). Penemuan Enzim

Menurut Pasteur, proses fermentasi merupakan proses vital untuk kehidupan. Pendapat tersebut ditentang oleh Bernard (1875), bahwa khamir dapat memecah gula menjadi alkohol dan CO_2 karena mengandung katalisator biologis dalam selnya. Katalisator biologis tersebut dapat diekstrak sebagai larutan yang tetap dapat menunjukkan kemampuan fermentasi, sehingga fermentasi dapat dibuat sebagai proses yang tidak vital lagi (tanpa sel).

Pada tahun 1897, Buchner dapat membuktikan gagasan Bernard, yaitu pada saat menggerus sel khamir dengan pasir dan ditambahkan sejumlah besar gula, terlihat dari campuran tersebut dibebaskan dari CO_2 dan sedikit alkohol. Penemuan ini membuka jalan ke perkembangan biokimia modern. Akhirnya dapat diketahui bahwa pembentukan alkohol dari gula oleh khamir, merupakan hasil urutan beberapa reaksi kimia, yang masing-masing dikatalisir oleh biokatalisator yang spesifik atau dikenal sebagai enzim.

5). Penemuan Virus

Iwanowsky menemukan bahwa filtrat bebas bakteri (cairan yang telah di saring dengan saringan bakteri) dari ekstrak tanaman tembakau yang terkena penyakit mozaik, ternyata masih tetap dapat menimbulkan infeksi pada tanaman tembakau yang sehat. Dari kenyataan ini kemudian diketahui adanya jasad renik yang mempunyai ukuran jauh lebih kecil dari bakteri (submikroskopik) karena dapat melalui saringan bakteri, yaitu yang dikenal sebagai virus.

Untuk mengetahui penyakit yang disebabkan oleh virus, dapat digunakan Postulat River (1937), yaitu :

1. Virus harus berada di dalam sel inang.
2. Filtrat bahan yang terinfeksi tidak mengandung bakteri atau mikroba lain yang dapat ditumbuhkan di dalam media buatan.
3. Filtrat dapat menimbulkan penyakit pada jasad yang peka.
4. Filtrat yang sama yang berasal dari hospes peka tersebut harus dapat menimbulkan kembali penyakit yang sama.

6). Penemuan Penicillium

Sir Alexander Fleming adalah orang yang dikenal sebagai penemu penisilin (antibiotik untuk melawan bakteri). Lahir di daerah pertanian Lochfield dekat Darvel, Skotlandia. Dia adalah anak ketiga dari empat orang bersaudara dan mempunyai empat orang saudara tiri lagi. Fleming bersekolah di Loudoun Moor School dan Darvel School, kemudian selama dua tahun dia bersekolah di Kilmarnock Academy. Setelah bekerja di kantor jasa pengiriman selama empat tahun, Fleming yang berumur 20 tahun saat itu mewarisi sebagian harta dari pamannya. Kakak Fleming yang waktu itu adalah seorang dokter menyarankan agar adiknya mengikuti jejak karirnya, sehingga pada tahun 1901 Alexander Fleming kemudian mendaftarkan diri di Rumah Sakit St. Mary's, London. Dia kemudian mendapatkan kualifikasi khusus untuk bersekolah di tahun 1906 dengan pilihan menjadi ahli bedah.

Alexander Fleming sendiri terkenal karena dia merupakan ahli peneliti yang sangat pandai, tetapi ceroboh dan laboratoriumnya sendiri sering terlihat berantakan. Tahun 1928, setelah pulang dari liburan panjang, Fleming baru teringat akan bakteri-bakteri dipiringan laboratorium lupa di simpan baik-baik, dan telah terkontaminasi dengan sejenis jamur. Beberapa piring laboratorium yang berisikan bakteri di buang, tetapi kemudian Fleming memperhatikan bahwa perkembangan bakteri pada daerah yang terkontaminasi oleh jamur tersebut menjadi terhambat. Fleming kemudian mengambil sampel contoh dari jamur tersebut dan menelitinya, dia menemukan bahwa jamur tersebut berasal dari genus *Penicillium*. Inilah sebabnya

mengapa obat tersebut bernama **penicillin** atau **penisilin** (Indonesia).

Penemuan Fleming pada September 1928 menandai abad baru dalam dunia antibiotik modern. Fleming juga menemukan bahwa bakteri sendiri dapat mengembangkan resistansi dan daya tahan terhadap penisilin apabila penisilin yang digunakan sebagai antibiotik terlalu sedikit dan digunakan dalam jangka waktu yang pendek. Karena penisilin waktu itu sangat sukar untuk dikembangkan, Fleming putus asa untuk mengembangkan antibiotik tersebut. Segera setelah Fleming tidak lagi mengembangkan penisilin, Howard Florey dan Ernst Chain mengambil alih pengembangan tersebut dan melakukan produksi besar-besaran dengan bantuan dana dari pemerintah Amerika dan Inggris.

Norman Heatley menyarankan bahwa dengan mentransfer bahan aktif penisilin kembali ke air dan mengubah tingkat asam-nya, akan cukup untuk memproduksi obat-obatan yang dapat dipakai untuk percobaan pada binatang. Timbul satu pendapat bahwa "Tanpa Fleming, tidak ada Chain, tanpa Chain, tidak ada Florey, tanpa Florey, tidak ada Heatley, tanpa Heatley, tidak ada Penisilin".

Penghasil gas metan

Archaea Methanococcus jannaschii adalah mikroba yang dapat menghasilkan gas metan. Mikroba ini ditemukan di lingkungan berasap hydrothermal, tanpa cahaya, tanpa oksigen, tanpa sumber zat karbon. Sifat yang sangat tidak biasa yang dimiliki oleh mikroba ini membawa pada kesimpulan bahwa domain makhluk hidup tidak hanya prokaryotes dan eukrayotes, tetapi ada domain baru yang terdiri dari mikroba yang berpenampilan prokaryotes, tetapi tak memiliki sifat prokaryotes sama sekali. Para ilmuwan mengelompokkan mikroba seperti ini dalam domain baru yaitu Archaea.

Selesainya pembacaan genom mikroba itu diharapkan mampu menjawab metode baru untuk menghasilkan bahan bakar. Dengan itu sekaligus diharapkan menjawab teka-teki kehidupan di awal terjadinya planet bumi, karena mikroba ini hidup di lingkungan yang persis dengan awal terbentuknya planet bumi.

Mikroba lain seperti *Nitrosomonas europaea*, *Prochlorococcus marinus*, *Rhodospseudomonas palustris* adalah organisme yang menjadikan CO₂ sebagai satu-satunya sumber nutrisi zat karbonnya. Mikroba-mikroba ini diduga mempunyai peranan penting dalam perubahan iklim. Dengan demikian informasi yang didapat dari genom mikroba-mikroba ini diharapkan mampu berperan mengatasi pemanasan global (global warming) dengan menstabilkan jumlah CO₂ di atmosfer.

1.3. Perkembangan Teknik dan Cara Kerja di Laboratorium Mikrobiologi

Koch bersama rekannya telah mengembangkan beberapa prosedur laboratorium yang berdampak luar biasa dalam perkembangan ilmu mikrobiologi, antara lain : prosedur dalam pewarnaan bakteri agar mudah diamati dan teknik pembiakan mikroba dalam laboratorium.

Satu teknik yang dikembangkan adalah penggunaan media, yaitu suatu substrat untuk menumbuhkan bakteri, yang menjadi padat dan tetap tembus pandang pada suhu inkubasi (suhu yang sesuai untuk pertumbuhan). Gelatin, salah satunya telah dicobakan namun kurang berhasil karena pada suhu tumbuh malah menjadi cair. Sementara permukaan padat lainnya seperti irisan kentang atau wortel memiliki sisi negatif antara lain kekurangan nutrient untuk mikroorganisme, akan tetapi ini dapat diatasi dengan menggunakan ekstrak ganggang laut tertentu, yang dikenal dengan istilah *agar-agar (agar)* (Irianto, 2006).

Media agar merupakan substrat yang sangat baik untuk memisahkan campuran berbagai jenis mikroorganisme. Teknik ini memungkinkan tumbuhnya mikroba dalam jarak yang berjauhan dan setiap selnya akan terhimpun membentuk koloni. Penggunaan agar pada media mikrobiologi yang awalnya diusulkan oleh laboratorium Koch pada awal 1880-an kini telah banyak digunakan (Pelczar dan Chan, 2008).

Dari sini terlihat bahwa timbulnya pertentangan-pertentangan dari para ilmuwan yang mengemukakan teori asal-usul kehidupan ialah salah satunya adanya faktor pertentangan ahli-ahli ilmuwan dari paham gereja yang lebih berlandaskan atas unsur materialisme semata, dan adanya pemisahan ilmu pengetahuan dengan urusan agama yang terutama berhubungan dengan Tuhan sebagai sang Khalik yang menciptakan alam semesta. Sehingga teori-teori yang mengungkap tentang rahasia darimana sebenarnya asal-usul kehidupan itu berasal, sesungguhnya belum semuanya terbukti. Jawaban atas ini bergantung pada pandangan hidup seseorang, jika dikaitkan dengan segi spiritual yaitu aqidah Islam yaitu keyakinan dasar seseorang tentang adanya Allah SWT sebagai pencipta, dan pengatur seluruh alam semesta. Dialah yang maha kuasa atas segala sesuatunya, baik yang ada di langit dan di bumi semua berada di bawah pengawasan dan kekuasaan Allah SWT. Bukti-bukti tentang penciptaan alam semesta termasuk di dalamnya seluruh makhluk hidup di muka bumi, jelas tercantum dalam Al-Quran sebagaimana firman Allah yaitu:

الَّذِي لَهُ مُلْكُ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَلَمْ يَتَّخِذْ وَلَدًا وَلَمْ يَكُنْ لَهُ شَهِيدٌ فِي الْمَلَكِ وَخَلَقَ كُلَّ شَيْءٍ

فَقَدَرَهُ تَقْدِيرًا ﴿٢﴾

Artinya: "Yang kepunyaan-Nyalah kerajaan langit dan bumi, dan dia tidak mempunyai anak, dan tidak ada sekutu bagi-Nya, dalam kekuasaan-Nya. "Dan Dia telah menciptakan segala sesuatu, dan Dia menetapkan ukuran-ukurannya dengan serapi-rapinya sesuai dengan apa yang dikehendaki mudah bagi Allah" (QS Al-Furqan:2).

Dari penggalan bukti ayat Al-quran tersebut telah jelas bahwa kita sebagai orang yang beriman, yang yakin akan adanya sang Khalik harus percaya bahwa seluruh makhluk baik di langit dan di bumi, baik berukuran besar maupun kecil, bahkan sampai mikroorganisme (jasad renik) yang tidak dapat terlihat dengan mata telanjang adalah makhluk ciptaan Allah SWT, sehingga dengan mempelajari sejarah mikrobiologi. Secara tidak langsung pengetahuan tentang aqidah kitapun semakin bertambah. Sesungguhnya manusia hanyalah sedikit pengetahuannya, jika dibandingkan dengan ilmu Allah SWT yang maha luas dan tak terbatas.

Latihan

1. Jelaskan secara singkat sejarah perkembangan mikrobiologi!
2. Mengapa teori abiogenesis dapat 'dimentahkan' oleh teori biogenesis?
3. Apa saja yang menjadi kelemahan postulat Koch?
4. Sebutkan yang anda ketahui tentang postulat River!
5. Apa yang melatar belakangi ditemukannya Penisilin?

Rangkuman

Ilmuwan menyimpulkan bahwa mikroorganisme sudah dikenal lebih kurang 4 juta tahun yang lalu dari senyawa organik kompleks yang terdapat di laut, atau mungkin dari gumpalan awan yang sangat besar yang mengelilingi bumi. Serjarah perkembangan mikrobiologi terbagi atas tiga periode. Periode pertama diawali terkuaknya rahasia dunia mikroorganisme melalui pengamatan mikroskopis oleh Leeuwenhoek tahun 1675. Sekitar pertengahan 1860-an, saat terbuktinya ketidakbenaran teori generatio spontanea bahwa makhluk-makhluk kecil terjadi begitu saja dari benda mati, dan prinsip biogenesis mulai diterima.

Perkembangan ilmu mikrobiologi sendiri terbagi dalam tiga era, yaitu: Era Perintisan (Prasejarah-1850), Era Keemasan (1850-1910), dan Era Modern (1910-sekarang). Pada Era Prasejarah, Dalam periode ini para ahli mencoba mencari jawaban dari berbagai permasalahan yang timbul di lingkungannya yang mungkin berkaitan dengan mikroba, antara lain dari mana asal mula kehidupan yang pertama, kenapa makanan menjadi rusak (membusuk, berlendir), bagaimana suatu penyakit dapat menular dan menyebar (masalah kontagion), kenapa bila terjadi luka bisa membengkak dan mengeluarkan nanah, dan bagaimana proses fermentasi terjadi. Pada Era Keemasan, ditandai dengan ditetapkannya postulat Koch yang ternyata memiliki beberapa kelemahan berdasarkan penelitian beberapa ahli berikutnya. Pada periode keemasan juga ditemukan cawan petri (petri disk) di dalam cara teknik mikroba oleh Petri salah seorang asisten Koch. Pada Era Modern ditandai dengan dipakainya metode dan alat yang mutakhir, seperti misalnya mikroskop elektron, kromatografi, sampai dengan komputer. Selain itu juga ditemukannya virus, penisilin, dan antiseptik.

Tes Formatif

1. Jelaskan yang anda ketahui tentang awal ditemukannya istilah mikrobiologi!
2. Ada 4 teori yang dikenal dalam sejarah mikrobiologi. Sebutkan dan jelaskan masing-masing teori tersebut!
3. Antara sel tumbuhan dan hewan ada dua tipe sel yang mutlak berbeda yaitu : *Eukariotik* dan *Prokariotik*. Jelaskan perbedaan utama dari kedua tipe sel tersebut!
4. Pada era modern dalam perkembangan ilmu mikrobiologi ditemukan adanya domain baru selain *Eukariotik* dan *Prokariotik*. Jelaskan secara singkat mengenai domain tersebut!
5. Jelaskan yang anda ketahui tentang teknik pembiakan mikroba dalam laboratorium yang berhasil ditemukan oleh Koch bersama rekan-rekannya!

BAB II

PENTINGNYA MIKROBIOLOGI DALAM DUNIA PETERNAKAN

A. Gambaran Singkat Mengenai Materi Kuliah

Materi kuliah ini membahas mengenai pentingnya mempelajari mikrobiologi bagi mahasiswa pada jurusan ilmu peternakan, apa saja peran mikroorganisme dalam dunia peternakan dan contoh penerapan ilmu mikrobiologi dalam peternakan.

B. Pedoman Mempelajari Materi

Pahami dengan jelas isi materi mengenai pentingnya mempelajari mikrobiologi bagi mahasiswa pada jurusan ilmu peternakan, apa saja peran mikroorganisme dalam dunia peternakan dan contoh penerapan ilmu mikrobiologi dalam peternakan.

C. Tujuan Pembelajaran

1. Mahasiswa dapat memberikan alasan mengapa harus mempelajari mikrobiologi bagi ilmu peternakan
2. Mahasiswa dapat menjelaskan peran mikroorganisme dalam dunia peternakan
3. Mahasiswa dapat memaparkan contoh kongkrit penerapan ilmu mikrobiologi dalam peternakan berdasarkan hasil-hasil penelitian.

Materi Kuliah:

2.1. Mengapa Mikrobiologi penting bagi Ilmu Peternakan?

Kehadiran mikroorganisme merupakan sesuatu yang vital bagi proses kehidupan manusia dan lingkungannya, dimana mikroba ini ikut berpartisipasi dalam siklus elemen bumi, baik pada siklus karbon maupun siklus nitrogen. Selain itu mikroorganisme juga memegang peranan penting dalam ekosistem misalnya dalam proses daur ulang kembali jasad-jasad renik dan produk persampahan melalui dekomposisi.

Sementara itu, peranan mikroba dalam dunia peternakan menggunakan prinsip bioteknologi telah mampu menghasilkan pakan ternak yang optimal baik dari segi kuantitas, kualitas maupun kontinuitas ketersediaan pakan untuk mencapai tujuan keuntungan jangka panjang.

2.2. Peran Mikroorganisme dalam dunia Peternakan

Beberapa penelitian telah membuktikan berbagai peran / manfaat mikroorganisme dalam bidang peternakan, antara lain :

a. Mikroorganisme dalam produk Probiotik dan manfaatnya bagi sistem pencernaan ternak

Probiotik merupakan feed additive yang ditambahkan dalam campuran ransum ternak, yang mengandung mikroorganisme jenis tertentu. Penggunaan probiotik ini dapat meningkatkan nilai gizi dari pakan tersebut, sehingga harus disesuaikan dengan unsur nutrisi tertentu yang komposisinya kurang dalam ransum dan dapat dipenuhi dengan penambahan probiotik.

Menurut Waluyo (2004), probiotik merupakan bahan yg berasal dari kultur mikroba / substansi lain yg berasal dari kultur mikroba yg dpt mempengaruhi keseimbangan alami di dalam saluran pencernaan, yang bila diberikan dlm jumlah yg tepat akan dapat meningkatkan efisiensi penggunaan zat-zat makanan

Penggunaan probiotik sangat besar manfaatnya dalam peningkatan teknologi usaha peternakan, khususnya dalam hal menekan harga pakan, meningkatkan kualitas bahan pakan serta kualitas produksi ternak. Komponen biaya pakan adalah komponen terbesar yang harus dikeluarkan oleh peternak. Probiotik merupakan salah satu jenis pendekatan dari segi bioteknologi, yang dapat berupa pemanfaatan mikroba secara langsung, enzim, ataupun hormon.

Bagi ternak ruminansia, zat gizi yang terkandung di dalam pakan seringkali berada pada ikatan molekuler yg sulit dicerna sehingga pakan tersebut tidak dapat dimanfaatkan secara maksimal sebagai sumber zat gizi yang diperlukan ternak. Untuk mempermudah proses pencernaan, maka diberikan perlakuan fermentasi dengan menggunakan probiotik. Pakan yang berserat kasar tinggi, pola fermentasinya sebagian besar melalui multiplikasi organisme-organisme pencerna serat kasar yang mencerna selulosa dan hemiselulosa. Untungnya, proses fermentasi yang juga berlangsung di dalam organ utama pencernaan ternak ruminansia yang lebih dikenal dengan 'rumen', memiliki berbagai populasi mikroorganisme yang merupakan mesin penggerak berlangsungnya proses fermentasi dalam rumen (Purves dan Sadava, 2003).

Mikroba dalam rumen berfungsi untuk mengubah protein pakan yang berkualitas rendah dan non-protein nitrogen (NPN) menjadi protein penyusun tubuh yang mempunyai komposisi asam amino ideal dan membentuk vitamin B kompleks dan vitamin A, yang pada gilirannya berfungsi sebagai sumber nutrisi bagi ternak; mengolah selulosa pakan dimana proses ini dilakukan oleh jamur, dengan cara membentuk koloni pada jaringan selulosa pakan yang tumbuh

menembus dinding selulosa, sehingga pakan akan lebih mudah dicerna oleh enzim bakteri rumen. Jumlah selulosa pada serat kasar sekitar 30–60% dari total bahan kering. Selulosa ini akan diuraikan menjadi glukosa dan hasil fermentasinya berupa Volatile Fatty Acids (VFA) berguna sebagai sumber energi utama bagi ternak; Mensintesis asam-amino dari zat-zat yang mengandung nitrogen yang lebih sederhana; Mikroba rumen yang mati, akan masuk ke dalam usus halus dan selanjutnya akan diproses menjadi sumber protein yang berkualitas tinggi (Purves dan Sadava, 2003).

Sementara itu, probiotik pada ternak unggas juga sangat bermanfaat. Sebagaimana yang dinyatakan oleh Barrow (1992) bahwa ada dua tujuan utama dari penggunaan probiotik pada unggas yaitu :

- (1) memanipulasi mikroorganisme saluran pencernaan bagian anterior (crop, gizzard dan usus halus) dengan menempatkan mikroflora dari strain *Lactobacillus sp*
- (2) meningkatkan daya tahan ternak dari infeksi *Salmonella*

Hal senada dikemukakan oleh Jin et al. (1997), bahwa penggunaan probiotik untuk unggas dapat :

- (1) Menempatkan mikroorganisme yang menguntungkan dan menekan mikroorganisme yang merugikan dalam saluran pencernaan;
- (2) Meningkatkan aktivitas enzim-enzim pencernaan dan menekan aktivitas enzim-enzim bakteri yang merugikan
- (3) Memperbaiki feed intake dan pencernaan
- (4) Menekan produksi gas amonia dan merangsang sistem pertahanan tubuh

Pada penelitian yang lain (Ramia dan Bidura, 2000) dilaporkan bahwa suplementasi probioik dalam ransum unggas ternyata dapat meningkatkan :

1. berat karkas dan persentase daging karkas
2. menurunkan jumlah lemak sub kutan termasuk kulit

Kandungan protein ransum yang lebih rendah dari standar yang direkomendasikan bisa berdampak penurunan pertumbuhan ayam. Akan tetapi jika diberi suplementasi 0,20 % probiotik dalam ransum yg berprotein rendah maka pertumbuhan ayam meningkat dibandingkan dengan kontrol (Ramia dan Bidura, 2000)

b. Mikroorganismedan Manfaatnya pada Peningkatan Kandungan Gizi Susu Sapi

Bakteri *Butyrvibrio fibrisolvens* menghasilkan enzim linoleat isomerase yang berfungsi untuk mengkatalisis CLA secara biosintesa yang dihasilkan dari linoleat oleh enzim isomerase yang dihasilkan di usus ternak ruminansia. Di dalam rumen, CLA disintesa dari asam linoleat melalui reaksi isomerisasi oleh enzim linoleat isomerase yang

dihasilkan oleh bakteri *Butyribrio fibrisolvens*. Isomer-isomer tersebut sesungguhnya merupakan senyawa antara (intermediate) dari tahapan biohidrogenasi asam linoleat menjadi asam oleat dan stearat, tetapi dapat terabsorpsi masuk ke dalam aliran darah dan terdistribusi ke jaringan tubuh inang. Bakteri *Butyribrio fibrisolvens* yang menghasilkan enzim linoleat isomerase dapat mempengaruhi susu yang dihasilkan memiliki kandungan asam linoleat yang tinggi.

Susu yang mengandung asam linoleat terkonjugasi yang dapat dipercaya menambah kekebalan tubuh dan mengurangi pertumbuhan tumor. Kandungan asam linoleat dalam susu organik lebih tinggi. Hal ini kemungkinan di karenakan pada sapi organik lebih banyak di beri makan rumput dan pakan alami daripada pakan berkonsentrat.

c. Peran Konsorsium Mikroba dalam pengolahan limbah kotoran sapi menjadi kompos

Dari berbagai produk beternak sapi, salah satu yang menjadi masalah, sehingga bisa merepotkan pemilik ternak adalah kotoran sapi. Betapa tidak. Untuk seekor sapi betina bisa menghasilkan kotoran antara 8 sampai 10 kilogram/harinya. Jika sapi yang diperlihara jumlahnya banyak dan cara pemeliharaannya dibiarkan berkeliaran di berbagai tempat, tanpa pengkandangan dan pemeliharaan yang baik, dapat dipastikan kotoran sapi akan berceceran dimana-mana. Hal tersebut tentu tidak bisa dibiarkan begitu saja, karena selain mengganggu dan mengotori lingkungan, juga sangat berpotensi untuk menimbulkan penyakit bagi masyarakat sekitarnya (Anonim, 2009^a).

Agar kotoran sapi tidak terbuang dengan sia – sia, maka kotoran ini dimanfaatkan sebagai pupuk organik yang baik untuk tanaman. Pembuatan pupuk organik tidak terlepas dari proses pengomposan yang diakibatkan oleh mikroba yang berperan sebagai pengurai atau dekomposisi berbagai limbah organik yang dijadikan bahan pembuat kompos. Penggunaan mikroba sebagai aktivator untuk memperoleh kompos dengan kualitas yang baik tergantung kepada bahan bahan yang digunakan, cara pembuatannya, tempat pembuatannya serta lama pengomposan (Isroi, 2008).

Limbah peternakan sebagian besar berupa bahan organik. Hal ini menunjukkan bahwa apabila dikelola dengan cara yang benar dan tepat peruntukannya, limbah peternakan masih memiliki nilai sebagai sumberdaya yang potensial bermanfaat. Sejak dahulu limbah peternakan sudah digunakan oleh petani sebagai bahan sumber pupuk organik, namun karena pengaruh intensifikasi pertanian, pemanfaatan tersebut semakin berkurang. Selain itu juga dipengaruhi oleh perkembangan teknologi pengolahan limbah peternakan yang masih belum mampu memenuhi tuntutan kebutuhan petani pada masa itu. Pengolahan limbah sebagai pupuk masih dilakukan secara

konvensional, yaitu dibiarkan menumpuk dan mengalami proses degradasi secara alami. Teknologi yang tepat dan benar belum dikembangkan.

Berdasarkan beberapa penelitian yang telah dilakukan tercatat bahwa satu ekor sapi rata-rata menghasilkan kotoran rata-rata 10-25 kg/hari. Apabila dalam satu kandang kolektif dipelihara sebanyak 100 ekor sapi maka kotoran yang dapat dikumpulkan adalah 2.500 kg. Namun sampai saat ini kotoran sapi yang dihasilkan umumnya dibuang ke saluran air. Maksudnya dilakukan demikian oleh peternak, adalah untuk memudahkan penanganan dan bisa dimanfaatkan untuk lahan-lahan yang terairi oleh saluran tersebut. Pada saat yang demikian (kotoran ternak segar) belum dapat dimanfaatkan secara langsung oleh tanaman karena belum terdekomposisi dengan rasio C/N lebih dari 40. Limbah ternak dapat lebih bermanfaat setelah melalui proses pengolahan, menjadi kompos. Keengganan peternak untuk memproses kotoran ternak menjadi kompos disebabkan oleh lama waktu yang dibutuhkan selama proses pengomposan lebih kurang 2 bulan (Isroi. 2008). Namun dengan adanya berbagai teknologi, kotoran ternak dapat didekomposisi menjadi kompos dalam waktu yang lebih singkat.

Memanfaatkan limbah sapi yang berupa kotoran atau feses dan air seni diolah menjadi kompos atau pupuk organik sangat berguna bagi tanaman dan ini sangat membantu pemerintah dalam menanggulangi pencemaran lingkungan hasil limbah kotoran sapi tersebut. Arti dari pengkomposan adalah proses penguraian limbah padat organik menjadi materi yang stabil oleh mikroorganisme dalam kondisi terkendali. Proses penguraian tersebut dilakukan oleh konsorsium mikroorganisme, jasad renik yang kasat mata. Mikroorganisme yang bekerja merupakan organisme yang memerlukan udara/ oksigen sehingga tidak timbul bau yang menyengat. Untuk mengoptimalkan kerja mikroorganisme tersebut diperlukan beberapa pengendalian antara lain pengendalian terhadap kelembaban, aerasi, dan temperatur untuk menghindari terjadinya proses yang dapat menimbulkan bau busuk.

Teknik pengomposan merupakan salah satu cara pengolahan limbah yang memanfaatkan proses biokonversi atau transformasi mikrobial. Biokonversi itu sendiri adalah proses-proses yang dilakukan oleh mikroorganisme untuk merubah suatu senyawa atau bahan menjadi produk yang mempunyai struktur kimiawi yang berhubungan. Proses biokonversi limbah dengan cara pengomposan menghasilkan pupuk organik yang merupakan hasil degradasi bahan organik. Salah satu indikator yang dapat digunakan untuk mengetahui apakah bahan organik limbah sudah terdegradasi dengan baik adalah perubahan

bahan organik limbah menjadi unsur hara, terutama unsur hara makro, seperti N total, P_2O_5 dan K_2O (Isroi. 2008).

Limbah padat organik biasanya mengandung berbagai mikroorganisme yang mampu melakukan proses pengkomposan. Ketika limbah organik dipaparkan di udara dan kandungan airnya sesuai, maka mikroorganisme mulai bekerja. Selain oksigen dari udara dan air, mikroorganisme memerlukan pasokan makan yang mengandung karbon dan unsur hara seperti nitrogen, fosfor dan kalium untuk pertumbuhan dan reproduksi mereka. Kebutuhan makanan tersebut disediakan oleh limbah organik. Mikroorganisme kemudian melepaskan karbondioksida, air dan energi dan berkembang biak (Anonim, 2009^a).

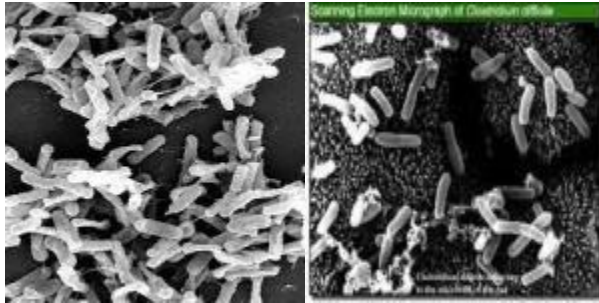
Energi dilepaskan sebagai panas. Akibat dari Energi yang dilepaskan, tumpukan bahan yang dikomposkan akan melewati tahap penghangatan. Pada minggu pertama dan kedua proses pengomposan, energi panas yang dilepaskan oleh bakteri termofilik dapat mengakibatkan suhu tumpukan kompos mencapai 70 derajat celsius. Kemudian sejalan dengan waktu suhu kompos akan menurun karena aktivitas mikroorganisme termofilik mulai menurun dan digantikan oleh mikroorganisme mesofilik. Penurunan suhu pada akhir minggu ke-enam biasanya telah mencapai 40 derajat celsius dan kompos sudah dapat dipanen. Tempat yang digunakan adalah ruangan terbuka yang beratap lantai, proses aerasinya alamiah dan pembuatan tumpukannya dibuat memanjang dengan ukuran yang tertentu. Untuk mengendalikan proses tersebut, setiap waktu tertentu tumpukan dibalik dan disiram dengan air seperlunya (Anonim, 2009^a).

Salah satu aktivator atau dekomposer yang sering digunakan adalah Stardec atau Starbio. Aktivator *Stardec* berisi beberapa mikroba yang berperan dalam penguraian atau dekomposisi limbah organik hingga dapat menjadi kompos. Mikroba tersebut *lignolitik*, *selulolitik*, *proteolitik*, *lipolitik*, *aminolitik* dan mikroba fiksasi nitrogen non-simbiotik (Isroi. 2008), yang mempunyai peran – peran tersendiri hingga mampu memperbaiki dan mempercepat proses pengomposan yang kita lakukan.

Adapun peran berbagai jenis mikroba tersebut adalah sebagai berikut (Sutiamiharjo dan Nurhalijah, 2008) :

1. Mikroba lignolitik berperan dalam menguraikan ikatan lignoselulose menjadi selulose dan lignin. Lignin ini kemudian diuraikan lagi oleh enzim lignase menjadi derivat lignin yang lebih sederhana sehingga mampu mengikat NH_4 .
2. Mikroba selulolitik akan mengeluarkan enzim selulose yang dapat menghidrolisis selulosa menjadi selulosa lalu dihidrolisis

lagi menjadi D-glukosa dan akhirnya didokumentasikan sehingga menghasilkan asam laktat, etanol, CO₂ dan ammonia.



Gambar 3. *Clostridium* sp (www.google.co.id)

3. Bakteri proteolitik adalah bakteri yang memproduksi enzim protease ekstraseluler, yaitu enzim pemecah protein yang diproduksi di dalam sel kemudian dilepaskan keluar dari sel. Semua bakteri mempunyai enzim protease di dalam sel, tetapi tidak semua mempunyai enzim protease ekstraseluler.

Bakteri proteolitik dapat digolongkan menjadi beberapa kelompok:

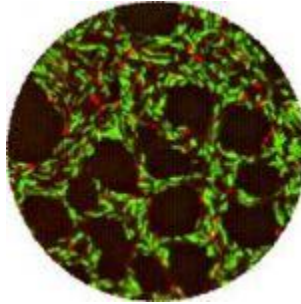
1. Bakteri aerobik atau anaerobik fakultatif, tidak membentuk spora, misalnya *Pseudomonas* dan *Proteus*.
2. Bakteri aerobik atau anaerobik fakultatif, membentuk spora, misalnya *Bacillus*.
3. Bakteri anaerobik pembentuk spora, misalnya sebagian spesies *Clostridium*.

Mikroba proteolitik akan mengeluarkan enzim protease yang dapat merombak protein menjadi polipeptida, lalu menjadi peptida sederhana dan akhirnya menjadi asam amino bebas, CO₂ dan air.



Gambar 4. *Pseudomonas* sp (www.google.co.id)

4. Mikroba lipolitik akan menghasilkan enzim lipase yang berperan dalam perombakan lemak.

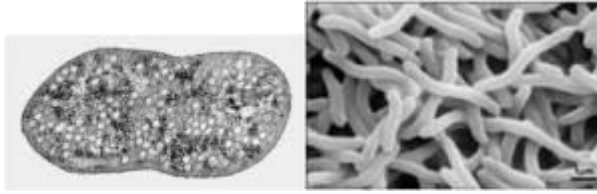


Gambar 5. *Cellulomonas sp*(www.google.co.id)

5. Mikroba amilolitik akan menghasilkan enzim amilase yang berperan dalam mengubah karbohidrat menjadi volatile fatty acids dan keto acids yang kemudian akan menjadi asam amino.
6. Pada mikroba fiksasi nitrogen merupakan bakteri yang hidup pada bintil-bintil akar tanaman kacang-kacangan ini hidup bersimbiosis, dan bintil akar tumbuh karena rangsangan dari zat tumbuh yang dihasilkan oleh bakteri tersebut dan juga dapat menyuburkan tanah. Selain itu ada pula beberapa jenis bakteri yang mampu memfiksasi N_2 (nitrogen bebas dari udara) di atmosfer ke dalam tanah, yang kemudian N_2 ini akan dimanfaatkan oleh tumbuhan dalam pembentukan protein. Bakteri tersebut antara lain, *Azotobacter vinelandii*, *Clostridium pasteurianum* dan *Rhodospirillum rubrum*. Mikroba bakteri fiksasi nitrogen non simbiotik diperkirakan dapat mengikat 5 – 20 gram nitrogen dari 1.000 gram bahan organik yang dirombak.



Gambar 6. *Azotobacter vinelandii* (www.google.co.id)

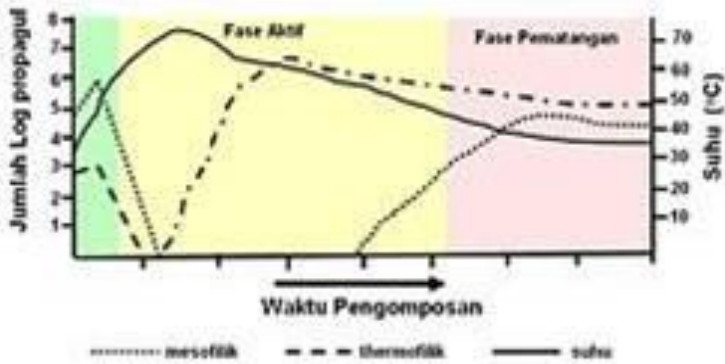


Gambar 7. *Rhodospirillum sp* (www.google.co.id)

Proses Pengomposan

Proses pengomposan akan segera berlangsung setelah bahan-bahan mentah dicampur. Proses pengomposan secara sederhana dapat dibagi menjadi dua tahap, yaitu tahap aktif dan tahap pematangan. Selama tahap-tahap awal proses, oksigen dan senyawa-senyawa yang mudah terdegradasi akan segera dimanfaatkan oleh mikroba mesofilik. Suhu tumpukan kompos akan meningkat dengan cepat. Demikian pula akan diikuti dengan peningkatan pH kompos. Suhu akan meningkat hingga di atas 50° – 70° C. Suhu akan tetap tinggi selama waktu tertentu. Mikroba yang aktif pada kondisi ini adalah mikroba Termofilik, yaitu mikroba yang aktif pada suhu tinggi. Pada saat ini terjadi dekomposisi/penguraian bahan organik yang sangat aktif. Mikroba-mikroba di dalam kompos dengan menggunakan oksigen akan menguraikan bahan organik menjadi CO₂, uap air dan panas. Setelah sebagian besar bahan telah terurai, maka suhu akan berangsur-angsur mengalami penurunan. Pada saat ini terjadi pematangan kompos tingkat lanjut, yaitu pembentukan kompleks liat humus. Selama proses pengomposan akan terjadi penyusutan volume maupun biomassa bahan. Pengurangan ini dapat mencapai 30 – 40% dari volume/bobot awal bahan (Isroi, 2008).

Pada proses pengomposan dapat terjadi secara aerobik (menggunakan oksigen) atau anaerobik (tidak ada oksigen). Proses yang dijelaskan sebelumnya adalah proses aerobik, dimana mikroba menggunakan oksigen dalam proses dekomposisi bahan organik. Proses dekomposisi dapat juga terjadi tanpa menggunakan oksigen yang disebut proses anaerobik. Namun, proses ini tidak diinginkan, karena selama proses pengomposan akan dihasilkan bau yang tidak sedap. Proses anaerobik akan menghasilkan senyawa-senyawa yang berbau tidak sedap, seperti: asam-asam organik (asam asetat, asam butirat, asam valerat, putrecine), amonia, dan H₂S (Abdurohim, Oim. 2008).



Gambar 8. Profil suhu dan populasi mikroba selama proses pengomposan (Isroi, 2008)



Gambar 9. Skema Proses Pengomposan Aerobik (Isroi, 2008).

Jadi mikroba selain berperan dalam pengolahan feces ternak menjadi kompos, juga besar manfaatnya dalam pengolahan urine sapi sebagai pupuk kandang (pupuk cair) melalui fermentasi urine sapi dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik. Pupuk ini sangat baik dalam pengembalian kesuburan tanah. Hasil fermentasi urine sapi dikenal dengan nama FERINSA (Fermentasi Urine Sapi).

Fermentasi merupakan aktivitas mikroorganisme baik aerob maupun anaerob yang mampu mengubah atau mentransformasikan senyawa kimia ke substrat organik (Rahman,1989). Selanjutnya

Winarno (1990) mengemukakan bahwa fermentasi dapat terjadi karena ada aktivitas mikroorganisme penyebab fermentasi pada substrat organik yang sesuai, proses ini dapat menyebabkan perubahan sifat bahan tersebut.

Joo. Y.H (1990). Melaporkan bahwa teknologi fermentasi anaerob untuk skala petani telah banyak dikembangkan, dimana hasilnya pupuk kandang dikonversikan tidak hanya dalam bentuk pupuk organik cair yang bagus tetapi juga dalam bentuk biogas yang berenergi tinggi.

Prinsip dari fermentasi anaerob ini adalah bahan limbah organik dihancurkan oleh mikroba dalam kisaran temperatur dan kondisi tertentu yaitu fermentasi anaerob.

Studi tentang jenis bakteri yang respon untuk fermentasi anaerob telah dimulai sejak tahun 1892 sampai sekarang. Ada dua tipe bakteri yang terlibat yaitu bakteri fakultatif yang mengkonversi selulosa menjadi glukosa selama proses dekomposisi awal dan bakteri obligate yang respon dalam proses dekomposisi akhir dari bahan organik yang menghasilkan bahan yang sangat berguna dan alternatif energi pedesaan. (Joo, 1990).

Pada proses fermentasi pembuatan pupuk cair dari urine sapi secara anaerob tersebut melibatkan bakteri anaerob yaitu bakteri yang tidak dapat menggunakan O₂ bebas untuk respirasinya. Energi diperoleh dari proses perombakan senyawa organik yang tanpa menggunakan oksigen. Bakteri anaerob dibedakan menjadi anaerob obligat dan anaerob fakultatif. Bakteri fakultatif adalah Organisme anaerobik fakultatif biasanya bakteri, yang menghasilkan ATP secara respirasi aerobik jika terdapat oksigen tetapi juga mampu melakukan fermentasi. Contohnya *Escherichia coli* dan *Lactobacillus*. Bakteri anaerob obligat, hanya dapat hidup jika tidak ada oksigen. Oksigen merupakan racun bagi bakteri anaerob obligat. Contohnya adalah *Micrococcus denitrificans*, *Clostridium botulinum*, dan *Clostridium tetani*.

Proses pembuatan pupuk cair urine sapi (Anonim, 2007) :

1. Urine sapi (*Bison benasus* L) di tampung dan dimasukkan ke dalam drum plastik
2. Lengkuas, kunyit, temu ireng, jahe, kencur, brotowali, ditumbuk sampai halus kemudian dimasukkan ke dalam drum plastik, maksud penambahan bahan-bahan ini untuk menghilangkanbau urine ternak dan memberikan rasa yang tidak disukai hama.
3. Setelah itu tetes tebu dimasukkan kedalam drum plastik, lalu dimasukkan starter *Sacharomyces cereviceae*. Tetes tebu dan starter *Sacharomyces cereviceae* ini berguna

untuk fermentasi dan nantinya setelah jadi pupuk cair bisa menambah jumlah mikroba menguntungkan yang ada didalam tanah.

4. Fermentasi urine didiamkan selama 14 hari dan diaduk setiap setiap hari.
5. Drum plastik ditutup dengan kain serbet atau kertas.
6. Setelah 14 hari pupuk cair sudah jadi kemudian disaring dan dikemas.

Pada fermentasi urin sapi mengandung beberapa jenis mikroorganisme (Affandi, 2008), yaitu:

A. Bakteri Fotosintetik

Bakteri fotosintetik adalah mikroorganisme yang mandiri. Bakteri ini membentuk senyawa-senyawa yang bermanfaat dari sekresi akar tumbuh-tumbuhan, bahan organik dan/atau gas-gas berbahaya seperti hidrogen sulfida, dengan dibantu sinar matahari dan panas sebagai sumber energi. Zat-zat bermanfaat tersebut meliputi asam amino, asam nukleat, zat-zat bioaktif, dan gula, yang semuanya dapat mempercepat pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Hasil-hasil metabolisme yang dihasilkan oleh bakteri ini dapat diserap langsung oleh tanaman dan juga berfungsi sebagai substrat bagi mikroorganisme lain sehingga jumlahnya terus dapat bertambah.

B. Bakteri Asam Laktat

Bakteri asam laktat menghasilkan asam laktat dari gula, dan karbohidrat lain yang dihasilkan oleh bakteri fotosintetik dan ragi. Bakteri asam laktat dapat menghancurkan bahan-bahan organik seperti lignin dan selulosa, serta memfermentasikannya tanpa menimbulkan senyawa-senyawa beracun yang ditimbulkan dari pembusukan bahan organik.

C. Ragi

Ragi dapat menghasilkan senyawa-senyawa yang bermanfaat bagi pertumbuhan tanaman dari asam amino dan gula di dalam tanah yang dikeluarkan oleh bakteri fotosintetik atau bahan organik melalui proses fermentasi. Ragi juga menghasilkan senyawa bioaktif seperti hormon dan enzim.

D. Actinomycetes

Actinomycetes merupakan suatu kelompok mikroorganisme yang strukturnya merupakan bentuk antara dari bakteri dan jamur. Kelompok ini menghasilkan zat-zat anti mikroba dari asam amino yang dikeluarkan oleh bakteri fotosintetik dan bahan organik. Zat-zat yang dihasilkan oleh mikroorganisme ini dapat menekan pertumbuhan jamur dan bakteri yang merugikan tanaman, tetapi dapat hidup

berdampingan dengan bakteri fotosintetik. Dengan demikian kedua spesies ini sama-sama dapat meningkatkan kualitas lingkungan tanah dengan meningkatkan aktivitas anti mikroba tanah.

E. Jamur Fermentasi

Jamur fermentasi seperti *Aspergillus* dan *Penicillium* menguraikan bahan organik secara cepat untuk menghasilkan alkohol, ester, dan zat-zat anti mikroba. Pertumbuhan jamur ini berfungsi dalam menghilangkan bau dan mencegah serbuan serangga serta ulat-ulat yang merugikan dengan cara menghilangkan penyediaan makanannya. Setiap jenis mikroorganisme mempunyai fungsi masing-masing dalam proses fermentasi bahan organik.

2.3. Contoh Penerapan Mikrobiologi dalam Peternakan

Ada beberapa produk komersil dari probiotik yang digunakan untuk peningkatan kualitas pakan dan produksi ternak, antara lain:

- Bio-Cas

Produk ini terdiri dari bakteri : Genus *Ruminococcus*, *Bakteroides*, *Lactobacillus*, dan genus jamur fermentatif. Mikroba ini berfungsi merombak bahan organik kompleks menjadi bahan organik sederhana sehingga lebih mudah dicerna oleh enzim pencernaan.

Pemberian 5 cc Bio-cas pada sapi Bali yang diberikan pakan tambahan 2 kg dedak padi/ekor/hari ternyata mampu memberikan pertambahan berat badan sapi Bali sebesar 600-650 g/ekor/hari. (Anonim, 2007)

Pada ternak ayam pemberian *Lactobacillus* meningkatkan pertambahan berat badan 491,3 g/hari dibandingkan dengan kontrol 459,6 g/ hari. (Anonim, 2007)

Namun, penelitian pada babi pengaruh probiotik baru jelas terlihat apabila ternak tersebut berada dalam kondisi stres, sementara keadaan normal tidak terdapat pengaruh nyata. (Anonim, 2011)

- Pemberian *Aspergillus niger* mampu meningkatkan berat badan 5,9 % dan meningkatkan efisiensi (penghematan) pakan 0,8%. Selain itu peningkatan penampilan ternak akibat pemberian *Aspergillus niger* disebabkan oleh meningkatnya asam lemak terbang (volatile fatty acids) seperti asam asetat, asam butirat, dan asam propionat yg merupakan sumber energi bagi ternak terutama ternak ruminansia (sapi, kerbau, atau kambing).

Penggunaan bahan fungi lebih menguntungkan jika dibandingkan dengan bakteri karena fungi merupakan mikroorganisme yg mempunyai tingkat resisten yang tinggi dan

dapat hidup pada kondisi yang kurang menguntungkan dan mudah dikembangkan biakkan (Affandi, 2008).

Selain itu juga telah diteliti penggunaan mikroorganisme dalam bentuk EM (Effective Microorganism) untuk peningkatan nilai gizi pakan, daya cerna dan produktivitas ternak. Manfaat lainnya adalah pengurangan bau kandang dan feces, peningkatan kesehatan ternak, pertumbuhan, dan meningkatkan kekebalan tubuh pada ternak broiler.

Pemakaian EM pada fase layer (petelur) dilaporkan oleh Li Wei-Jionge (1994), bahwa dapat meningkatkan kekebalan, menurunkan tingkat mortalitas, meningkatkan produksi telur dan berat telur rata-rata. EM mengandung banyak mikroba yang menguntungkan baik mikroba oxybiotik dan mikroba anaerob. Saat masuk ke dalam tubuh ternak dalam bentuk feed aditiv, konsorsium mikroba ini bereplikasi secara cepat untuk menghambat pertumbuhan mikroba patogen, menghasilkan vitamin-vitamin dan nutrisi lainnya dan juga mencegah masuknya mikroorganisme patogen.

Islam sendiri memandang pemanfaatan mikroorganisme bagi kehidupan manusia sebagai sesuatu hal yang perlu untuk dikembangkan, sebagaimana firman Allah SWT dalam ayat-ayat di bawah ini :

Surat Ar Raid ayat 13:

رَزَّ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَسَالَتْ أَوْدِيَةٌ بِقَدَرِهَا فَالْحَتَمَلِ السَّيْلُ رَبْدًا رَابِيًا وَمِمَّا يُوقِدُونَ
اللَّهُ الْخَقَّ وَالْبَاطِلَ فَأَمَّا الزَّبَدُ عَلَى النَّارِ ابْتِغَاءَ جَلِيَّةٍ أَوْ مَتَاعٍ رَبْدٌ مِثْلَهُ كَذَلِكَ يَضْرِبُ
فَيَذْهَبُ جُفَاءً وَأَمَّا مَا يَنْفَعُ النَّاسَ فَيَمُكِّتُ فِي الْأَرْضِ كَذَلِكَ يَضْرِبُ اللَّهُ الْأَمْثَالَ

Terjemahnya:

Allah telah menurunkan air (hujan) dari langit, maka mengalirlah air di lembah-lembah menurut ukurannya, maka arus itu membawa buih yang mengambang. Dan dari apa (logam) yang mereka lebur dalam api untuk membuat perhiasan atau alat-alat, ada (pula) buihnya seperti buih arus itu. Demikianlah Allah membuat perumpamaan (bagi) yang benar dan yang bathil. Adapun buih itu, akan hilang sebagai sesuatu yang tak ada harganya; adapun yang memberi manfaat kepada manusia, maka ia tetap di bumi. Demikianlah Allah membuat perumpamaan-perumpamaan .

Dari ayat diatas dapat kita ketahui bahwa Allah SWT telah menciptakan berbagai makhluk hidup yang beraneka ragam dari benda yang bisa dilihat oleh mata secara langsung ataupun benda-benda kecil seperti halnya mikroorganisme. Salah satu contoh mikroorganisme

yaitu kelompok mikroorganisme yang dimanfaatkan untuk merubah sesuatu yang tidak bermanfaat menjadi bermanfaat. Hal ini menunjukkan kekuasaan Allah yang begitu besar untuk menciptakan segala sesuatu yang dikehendaki. Semua yang telah diciptakan-Nya tiada yang sia-sia karena semua ada manfaatnya tergantung manusia bagaimana mengolahnya. Namun, sejauh ini manusia telah menerapkan ilmu pengetahuan untuk memanfaatkan apa yang telah Allah berikan untuk memenuhi kebutuhan hidup. Zaman sekarang telah banyak inovasi baru yang dapat menguntungkan manusia. Hal ini menunjukkan bahwa semua makhluk yang diciptakan –Nya tiada yang sia-sia, sebagaimana contoh pengolahan limbah urin sapi menjadi pupuk kandang yang bermanfaat.

Ash Shura ayat 29

يُرْوَمِنْ آيَاتِهِ خَلْقُ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ وَمَا بَثَّ فِيهِمَا مِنْ دَابَّةٍ وَهُوَ عَلَى جَمْعِهِمْ إِذَا يَشَاءُ قَدِيرٌ

Terjemahnya :

Di antara (ayat-ayat) tanda-tanda-Nya ialah menciptakan langit dan bumi dan makhluk-makhluk yang melata Yang Dia sebarkan pada keduanya. Dan Dia Maha Kuasa mengumpulkan semuanya apabila dikehendaki-Nya.

Dalam uraian ayat diatas kita dapat mengetahui bahwa Allah SWT telah menciptakan sesuatu yang diinginkan dan apapun yang dia kehendaki atas makhluk-makhluk yang ia ciptakan dan dapat menjadikannya bermakna dari masing-masing penciptaannya. Begitu juga dalam proses fermentasi ini terjadilah makhluk mikroorganisme yang tidak kasat mata mampu mengubah hal yang takbermanfaat menjadi bermanfaat.

Latihan

1. Apa saja manfaat penggunaan probiotik pada ternak unggas?
2. Kita ketahui bahwa dalam rumen terdapat konsorsium mikroba yang merupakan motor penggerak proses pencernaan pada ternak ruminansia. Apakah masih diperlukan penambahan jenis mikroba tertentu ke dalam rumen tersebut? Mengapa?
3. Bagaimana cara meningkatkan nilai gizi pakan ternak ruminansia yang berasal dari limbah pertanian? Berikan contoh!
4. Jelaskan jenis-jenis mikroorganisme yang berperan dalam proses pembuatan kompos (pupuk padat) !
5. Jelaskan jenis-jenis mikroorganisme yang berperan dalam proses fermentasi urine sapi !

Rangkuman

Semakin majunya ilmu peternakan saat ini baik dalam hal produksi ternak, nutrisi ternak maupun teknologi hasil ternak, tak lepas dari kehadiran mikroorganisme. Pemanfaatan berbagai jenis mikroba, antara lain mikroba proteolitik, lignolitik, selulolitik, dan sebagainya telah banyak dilakukan untuk peningkatan nilai gizi pakan ternak dan produksi ternak, pengolahan hasil ternak bahkan untuk proses daur ulang kotoran ternak menjadi pupuk padat dan pupuk cair.

Probiotik yang merupakan paket konsorsium mikroba sebagai salah satu feed additive dalam pakan unggas telah dilaporkan dapat menempatkan mikroorganisme yang menguntungkan dan menekan mikroorganisme yang merugikan dalam saluran pencernaan; meningkatkan aktivitas enzim-enzim pencernaan dan menekan aktivitas enzim-enzim bakteri yang merugikan; memperbaiki feed intake dan pencernaan; menekan produksi gas amonia dan merangsang sistem pertahanan tubuh. Sementara untuk peningkatan nilai gizi pakan ternak ruminansia khususnya yang merupakan limbah perkebunan atau pertanian yang mengandung lignin tinggi sehingga sulit dicerna oleh ternak, dapat ditingkatkan nilai gizinya melalui proses fermentasi dengan menggunakan penambahan mikroba lignolitik, dan berbagai contoh penerapan mikrobiologi dalam dunia peternakan yang telah disebutkan di atas.

Keseluruhan contoh tersebut menunjukkan bahwa telah banyak inovasi baru yang menguntungkan bagi kesejahteraan hidup manusia yang bisa diperoleh dari kehadiran mikroba yang awalnya hanya dianggap sebagai sesuatu yang merugikan.

Tes Formatif

1. Menurut anda seberapa penting kita mempelajari ilmu mikrobiologi pada jurusan peternakan?
2. Jelaskan dengan singkat apa saja peran mikrobiologi dalam dunia peternakan !
3. Sebutkan dan jelaskan contoh penerapan ilmu mikrobiologi bagi industri peternakan unggas dan ruminansia !

BAB IV VIRUS

A. Gambaran Singkat Mengenai Materi Kuliah

Bab ini membahas tentang struktur virus baik dari segi anatomi maupun morfologinya, klasifikasi virus dan cara bereproduksi. Secara garis besarnya struktur tubuh virus terdiri dari inti, selubung protein (kapsid) dan amplop. Reproduksi virus terbagi atas dua tahap / fase yaitu fase litik dan lisogenik. Virus sebenarnya tidak selamanya merugikan tetapi dapat juga menguntungkan baik dalam dunia hewan / peternakan dan juga bagi manusia.

B. Pedoman Mempelajari Materi

Pahami dengan jelas isi materi mengenai struktur tubuh virus, reproduksi virus, klasifikasi dan peranan virus. Selanjutnya kerjakan soal-soal latihan yang tercantum di bagian akhir dari bab ini.

C. Tujuan Pembelajaran

1. Mahasiswa mampu menjelaskan ciri-ciri virus.
2. Mahasiswa mampu menjelaskan struktur tubuh virus dan membedakannya dengan mikroorganisme lain
3. Mahasiswa mampu menjelaskan cara hidup virus
4. Mahasiswa mampu menjelaskan peranan virus dalam dunia peternakan baik yang merugikan maupun yang menguntungkan

D. Materi Kuliah:

Kata virus berasal dari bahasa latin yaitu venom yang berarti racun. Diartikan demikian karena hampir semua jenis virus adalah penyebab penyakit, baik pada tumbuhan, hewan maupun manusia. Virus hanya dapat bereplikasi di dalam sel/jaringan hidup sehingga disebut parasit obligat intraseluler (Wagner, 2008).

Virus memiliki sifat yang unik yaitu apabila di dalam sel makhluk hidup (intraseluler) virus dapat bereplikasi seperti makhluk hidup, sebaliknya apabila virus berada di luar sel makhluk hidup (ekstraseluler) virus merupakan benda mati sehingga sering disebut sebagai partikel. Dalam kondisi ekstraseluler ini, partikel virus dikenal dengan nama virion. Virion tidak melakukan aktivitas biosintesis atau respirasi. Pada saat genom virus memasuki sel baru, kondisi intraseluler dimulai (Irianto, 2002).

Dalam kondisi intraseluler terjadi reproduksi virus, genom virus dihasilkan dan komponen-komponen pembentuk mantel virus disintesis. Proses pada saat genom virus memasuki sel dan

bereproduksi dinamakan infeksi. Sel yang dapat diinfeksi oleh virus dan virus tersebut dapat bereproduksi di dalamnya dinamakan sebagai inang. Virus tersebut kemudian mengambil alih mesin dan fungsi metabolik inang untuk menghasilkan komponen-komponen pembentuk virus (Irianto, 2002)

Virus dapat bertindak sebagai agen penyakit dan agen pewaris sifat. Sebagai agen penyakit, virus memasuki sel dan menyebabkan perubahan-perubahan yang membahayakan bagi sel, yang akhirnya dapat merusak atau bahkan menyebabkan kematian pada sel yang diinfeksi. Sebagai agen pewaris sifat, virus memasuki sel dan tinggal di dalam sel tersebut secara permanen. Perubahan yang diakibatkannya tidak membahayakan bagi sel atau bahkan bersifat menguntungkan. Dalam beberapa kasus, virus dapat bertindak sebagai agen penyakit atau sebagai agen pewaris sifat tergantung dari sel-sel inangnya dan kondisi lingkungan (Wagner, 2008).

4.1. Sejarah Penemuan Virus

Virus telah menginfeksi sejak jaman sebelum masehi, hal tersebut terbukti dengan adanya beberapa penemuan-penemuan yaitu laporan mengenai infeksi virus dalam hieroglyph di Memphis, ibu kota Mesir kuno (1400SM) yang menunjukkan adanya penyakit poliomyelitis, selain itu, Raja Firaun Ramses V meninggal pada tahun 1196 SM dan dipercaya meninggal karena terserang virus Smallpox (Akin, 2005).

Pada jaman sebelum masehi, virus endemik yang cukup terkenal adalah virus Smallpox yang menyerang masyarakat Cina pada tahun 1000. Akan tetapi pada tahun 1798, Edward Jenner menemukan bahwa beberapa pemerah susu memiliki kekebalan terhadap virus pox. Hal tersebut diduga karena Virus Pox yang terdapat pada sapi, melindungi manusia dari Pox. Penemuan tersebut yang dipahami kemudian merupakan pelopor penggunaan vaksin (Akin, 2005).

Pada tahun 1880, Louis Pasteur dan Robert Koch mengemukakan suatu "germ theory" yaitu bahwa mikroorganisme merupakan penyebab penyakit. Pada saat itu juga terkenal Postulat Koch yang sangat terkenal hingga saat ini yaitu :Agen penyakit harus ada di dalam setiap kasus penyakit; Agen harus bisa diisolasi dari inang dan bisa ditumbuhkan secara *in vitro*; Ketika kultur agen murni diinokulasikan ke dalam sel inang sehat yang rentan maka ia bisa menimbulkan penyakit; Agen yang sama bisa diambil dan diisolasi kembali dari inang yang terinfeksi tersebut (Creager, 2002).

Penelitian mengenai virus dimulai dengan penelitian mengenai penyakit mosaik yang menghambat pertumbuhan tanaman tembakau dan membuat daun tanaman tersebut memiliki bercak-bercak. Pada tahun 1883, Adolf Mayer, seorang ilmuwan Jerman, menemukan

bahwa penyakit tersebut dapat menular ketika tanaman yang ia teliti menjadi sakit setelah disemprot dengan getah tanaman yang sakit. Karena tidak berhasil menemukan mikroba di getah tanaman tersebut, Mayer menyimpulkan bahwa penyakit tersebut disebabkan oleh bakteri yang lebih kecil dari biasanya dan tidak dapat dilihat dengan mikroskop (Creager, 2002).

Pada tahun 1892, Dimitri Ivanowsky dari Rusia menemukan bahwa getah daun tembakau yang sudah disaring dengan penyaring bakteri masih dapat menimbulkan penyakit mosaik. Ivanowsky lalu menyimpulkan dua kemungkinan, yaitu bahwa bakteri penyebab penyakit tersebut berbentuk sangat kecil sehingga masih dapat melewati saringan, atau bakteri tersebut mengeluarkan toksin yang dapat menembus saringan. Kemungkinan kedua ini dibuang pada tahun 1897 setelah Martinus Beijerinck dari Belanda menemukan bahwa agen infeksi di dalam getah yang sudah disaring tersebut dapat bereproduksi karena kemampuannya menimbulkan penyakit tidak berkurang setelah beberapa kali ditransfer antar tanaman. Patogen mosaik tembakau disimpulkan sebagai bukan bakteri, melainkan merupakan *contagium vivum fluidum*, yaitu sejenis cairan hidup pembawa penyakit (Akin, 2005).

Setelah itu, pada tahun 1898, Loeffler dan Frosch melaporkan bahwa penyebab penyakit mulut dan kaki sapi dapat melewati filter yang tidak dapat dilewati bakteri. Namun demikian, mereka menyimpulkan bahwa patogennya adalah bakteri yang sangat kecil (Akin, 2005).

Pendapat Beijerinck baru terbukti pada tahun 1935, setelah Wendell Meredith Stanley dari Amerika Serikat berhasil mengkristalkan partikel penyebab penyakit mosaik yang kini dikenal sebagai virus mosaik tembakau. Virus ini juga merupakan virus yang pertama kali divisualisasikan dengan mikroskop elektron pada tahun 1939 oleh ilmuwan Jerman G.A. Kausche, E. Pfankuch, dan H. Ruska (Creager, 2002).

Pada tahun 1911, Peyton Rous menemukan jika ayam yang sehat diinduksi dengan sel tumor dari ayam yang sakit, maka pada ayam yang sehat tersebut juga akan terkena kanker. Selain itu, Rous juga mencoba menganalisis sel tumor dari ayam yang sakit lalu menyaring sari-sarinya dengan pori-pori yang tidak dapat dilalui oleh bakteri, lalu sari-sari tersebut di suntikkan dalam sel ayam yang sehat dan ternyata hal tersebut juga dapat menyebabkan kanker. Rous menyimpulkan kanker disebabkan karena sel virus pada sel tumor ayam yang sakit yang menginfeksi sel ayam yang sehat. Penemuan tersebut merupakan penemuan pertama virus onkogenik, yaitu virus yang dapat

menyebabkan tumor. Virus yang ditemukan oleh Rous dinamakan Rous Sarcoma Virus(RSV) (Wagner, 2008).

Pada tahun 1933, Shope papilloma virus atau cottontail rabbit papilloma virus (CRPV) yang ditemukan oleh Dr Richard E Shope merupakan model kanker pertama pada manusia yang disebabkan oleh virus.[6] Dr Shope melakukan percobaan dengan mengambil filtrat dari tumor pada hewan lalu disuntikkan pada kelinci domestik yang sehat, dan ternyata timbul tumor pada kelinci tersebut (Wagner, 2008).

Wendell Stanley merupakan orang pertama yang berhasil mengkristalkan virus pada tahun 1935. Virus yang dikristalkan merupakan Tobacco Mozaic Virus (TMV). Stanley mengemukakan bahwa virus akan dapat tetap aktif meskipun setelah kristalisasi (Creager, 2002).

Martha Chase dan Alfred Hershey pada tahun 1952 berhasil menemukan bakteriofage. Bakteriofage merupakan virus yang memiliki inang bakteri sehingga hanya dapat bereplikasi di dalam sel bakteri (Wagner, 2008).

4.2. Morfologi dan Anatomi Virus

Virus merupakan salah satu jenis mikroorganisme parasit. Virus ini mempunyai ciri-ciri tidak dimiliki oleh organisme lain. Virus hanya dapat berkembang biak di sel-sel hidup lain (sifat virus parasit obligat) karenanya, virus dapat dibiakkan pada telur ayam yang berisi embrio hidup. Untuk bereproduksi virus hanya memerlukan asam nukleat saja. Ciri lainnya, virus tidak dapat bergerak maupun melakukan aktivitas metabolisme sendiri. Selain itu virus tidak dapat membelah diri. Virus tidak dapat diendapkan dengan sentrifugasi biasa, tetapi dapat dikristalkan (Pelczar dan Chan, 1988).

Morfologi virus

Virus mempunyai bentuk dan ukuran. Virus berukuran sekitar 100 kali lebih kecil dibanding bakteri. Beberapa virus telah dipelajari mempunyai suatu garis tengah antara 10 dan 300 nanometres. Beberapa filoviruses mempunyai total panjang mencapai 1400 nm, walaupun garis tengah mereka hanya sekitar 80 nm. Beberapa virus tidak dapat dilihat dengan suatu mikroskop cahaya dan hanya bisa dilihat dengan menggunakan mikroskop elektron (Pelczar, 1999).

Kapsid dibentuk dari subunit protein yang disebut capsomers. Virus dapat mempunyai suatu lipid "amplop" yang diperoleh dari selaput sel tuan rumah. Kapsid dibuat dari protein yang disandikan oleh genome. Bagaimanapun, kode virus kompleks untuk protein virus yang dibawa oleh genom membantu dalam konstruksi kapsid mereka. Protein dalam nukleus dikenal sebagai nukleoprotein, dan yang

digunakan dalam pembentukan kapsid disebut nukleokapsid (Prescott et al. (2008).

Secara umum, ada empat bentuk partikel virus utama menurut Creager (2002), yaitu:

1). Helical

Virus ini terdiri dari satu jenis capsomer ditumpuk di sekitar poros tengah untuk membentuk struktur heliks, yang mungkin memiliki rongga sentral, atau tabung berongga. Hasil pengaturan ini dalam virion berbentuk batang atau berserabut: ini bisa pendek dan sangat kaku, atau panjang dan sangat fleksibel. Bahan genetik, umumnya RNA beruntai tunggal, tetapi DNA dalam beberapa kasus, terikat ke dalam heliks protein oleh interaksi antara asam nukleat bermuatan negatif dan muatan positif pada protein. Secara keseluruhan, panjang dari kapsid heliks berhubungan dengan panjang asam nukleat yang terkandung di dalamnya dan diameter tergantung pada ukuran dan susunan capsomers.

Contoh struktur heliks pada virus mosaik tembakau: RNA virus bergulung berbentuk garis sekerup / spiral selenoid yang disebabkan pengulangan sub-unit protein. Kapsid terdiri atas satu jenis capsomer berbadan tegap di sekitar suatu poros pusat untuk membentuk suatu struktur seperti bentuk sekerup yang mungkin punya suatu rongga pusat.

2). Icosahedral

Kebanyakan virus binatang adalah icosahedral atau near-spherical dengan icosahedral simetri. Suatu bidang dua puluh reguler adalah jumlah maksimum suatu kelopak tertutup dari sub-unit tersebut. Jumlah minimum capsomers yang diperlukan adalah duabelas, masing-masing terdiri atas lima sub-unit serupa. Banyak virus, seperti rotavirus, mempunyai lebih dari duabelas capsomers dan nampak berbentuk bola tetapi mereka mempertahankan simetri ini. Capsomers di apices dikelilingi oleh lima capsomers lain dan disebut pentons. Capsomers pada atas muka yang bersegi tiga adalah mengepung dengan enam capsomers yang lain dan yang disebut hexons. Contohnya adalah adenovirus.

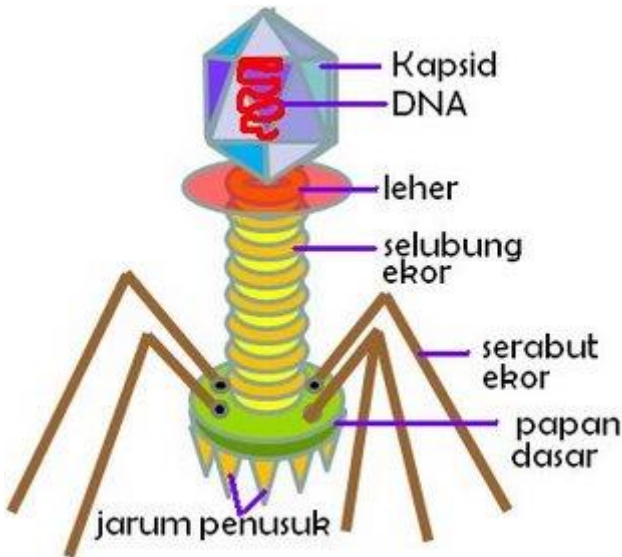
3). Enveloped

Beberapa jenis amplop virus, terdapat di dalam suatu selaput sel, yaitu selaput eksternal yang melingkupi suatu sel tuan rumah yang terkena infeksi/tersebar, atau selaput internal seperti selaput nuklir atau reticulum endoplasmic, begitu mendapatkan lipid, maka virus akan membentuk bilayer yang dikenal dengan sebutan amplop. Selaput

ini adalah protein yang membawa kode genetic dari genom tuan rumah ke genom virus.

4). Complex

Merupakan struktur khas dari suatu bacteriophage (virus yang menyerang bakteri). Virus ini memiliki suatu kapsid yang tidak berbentuk seperti bentuk sekerup, walaupun semata-mata serupa dengan icosahedral, dan memiliki struktur ekstra seperti jas berekor protein atau suatu dinding sebelah luar yang kompleks. Beberapa bacteriophages mempunyai suatu struktur kompleks terdiri dari suatu icosahedral di depan dan diikuti suatu ekor seperti bentuk sekerup yang memiliki suatu pelat dasar bersudut enam dengan serat ekor protein yang menonjol.



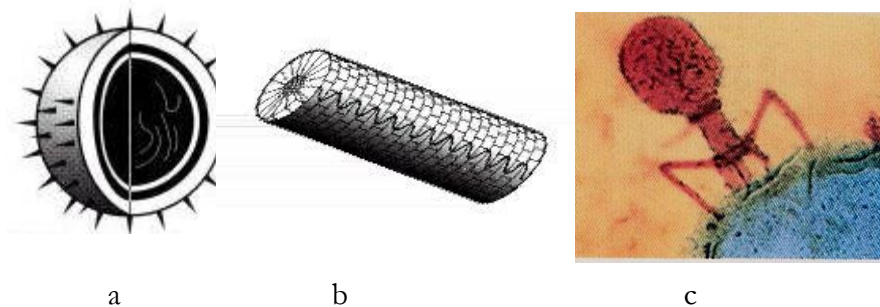
Gambar 17.

Bakteriophage(<http://www.google.co.id/imgres?imgurl>)

Karakteristik Virus :

- Virus berukuran amat kecil, jauh lebih kecil daripada bakteri sekitar 20-250 nm; berukuran aseluler (tidak mempunyai sel).
- Virus biasanya dapat dilihat dengan mikroskop electron.
- Sebagai parasit intraselular obligat, virus tidak mampu melakukan metabolisme sendiri dan hanya bisa berproduksi dalam sel inang.
- Inang yang diinfeksi antara lain bakteri, sel tumbuh-tumbuhan, sel hewan, sel manusia dan sel pada kultur jaringan.

- Virus memiliki komposisi yang unik; Beberapa virus hanya terdiri dari asam nukleat yang membawa kode genetiknya dan virus lain hanya terdiri dari protein tanpa asam nukleat (hanya memiliki satu macam asam nukleat (RNA atau DNA)).
- Virus umumnya berupa semacam hablur (kristal) dan bentuknya sangat bervariasi. Virus bermacam-macam bentuknya tergantung pada jenisnya. Ada yang berbentuk bulat, batang, oval, silindris, kubus, tidak beraturan dan ada pula yang berbentuk huruf T. Virus yang berbentuk bulat misalnya virus penyebab influenza dan virus penyebab AIDS. Virus yang berbentuk batang misalnya virus TMV, virus yang berbentuk oval misalnya virus rabies dan virus yang berbentuk T misalnya virus yang menyerang bakteri (bakteriofage).



Gambar 18. a) virus bentuk bulat, b) virus bentuk batang, c) virus bentuk T (Waluyo, 2004)

Anatomi virus

Virus paling sederhana terdiri dari asam nukleat yang dibungkus kapsid yang disebut nukleokapsid. Virus yang hanya terdiri dari nukleokapsid disebut virus telanjang. Contoh virus yang hanya berupa nukleokapsid adalah TMV, adenovirus dan virus kutil. Selain nukleokapsid ada virus yang memiliki bagian luar seperti selubung, ekor, kepala dan lain-lain. Virus yang seperti ini disebut virus kompleks (Anonim, 2011).

Struktur virus kompleks:

- Virus berselubung

Virus berselubung ditandai dengan nukleokapsid yang diselubungi oleh suatu membran pembungkus, misalnya pada virus influenza, virus herpes dan HIV (Pelczar, 1999).

- Bakteriofage

Struktur bakteriofage terdiri dari kepala, ekor dan serabut kaki. Kepala terdiri dari asam nukleat yang diselubungi kapsid berbentuk polihedral. Bagian ekor menancap ke kepala. Kaki serabut merupakan perpanjangan ekor yang berfungsi untuk menempel pada permukaan sel bakteri (lihat gambar 17).

1. Kepala

Kepala virus berisi DNA dan bagian luarnya diselubungi kapsid.

2. Kapsid

Kapsid adalah selubung yang berupa protein. Kapsid terdiri atas bagian-bagian yang disebut kapsomer. Kapsid juga dapat terdiri atas proten-protein monomer identik, yang masing-masing terdiri dari rantai polipeptida. Selaput (envelope) yang diperoleh dari membran sel inang berfungsi untuk melindungi kapsid virus dari antigen inang. Virus yang mempunyai selaput cenderung lebih resisten terhadap sistem imun inang. Virus tanpa envelope umumnya terdapat pada tumbuh-tumbuhan (Pelczar, 1999).

3. Isi tubuh

Isi tubuh yang disebut *virion* adalah bahan genetik yakni asam nukleat (DNA atau RNA), contohnya sebagai berikut (Pelczar dan Chan, 1988):

- Virus yang isi tubuhnya RNA dan bentuknya menyerupai kubus antara lain, virus radang mulut.
- Virus yang isi tubuhnya RNA, protein, lipida, dan polisakarida, contohnya paramixovirus.
- Virus yang isi tubuhnya terdiri atas RNA, protein, dan banyak lipida, contohnya virus cacar.

Virion bisa berbentuk kubus, bulat, ikosahedral atau heliks.

4. Ekor

Ekor virus merupakan alat penancap ke tubuh organisme yang diserangnya. Ekor virus terdiri atas tabung bersumbat yang dilengkapi benang atau serabut. Pada virus dijumpai asam nukleat yang diselubungi kapsid, disebut *nukleokapsid* (Pelczar dan Chan, 1988).

Inang virus

Virus menempel di reseptor spesifik pada sel inang. Kemampuan virus untuk menginfeksi organisme tergantung kepada jenis dan tersedianya reseptor pada sel inang. Virus tumbuhan hanya cenderung menginfeksi tumbuhan dan virus hewan hanya cenderung menginfeksi hewan, hal ini disebabkan oleh sifat reseptor tersebut (Wagner, 2008).

Reseptor merupakan protein pada permukaan sel.

Setelah virus memasuki sel inang melalui reseptor, virus mengambil ahli metabolisme sel inang dan menggunakan komponen sel inang untuk memproduksi partikel virus yang baru. Virus DNA diproduksi secara langsung. Sel inang membentuk komponen virus dari instruksi genetik virus DNA (Anonim, 2011).

Virus RNA menginduksi pembentukan mRNA atau enzim transkriptase untuk mencetak RNA virus menjadi DNA yang digunakan oleh sel inang. Virus yang dihasilkan kemudian dikeluarkan dari sel inang dan menularkan infeksi aktif. Pada hewan dan manusia, pelepasan partikel virus tersebut mendorong sistem imunitas untuk melepaskan interferon dan membentuk antibodi. Lama inkubasi virus yang menyebabkan penyakit berkisar antara berhari-hari sampai bertahun-tahun (Anonim, 2011). Laten atau infeksi dengan waktu yang lama bisa terjadi (Budiyanto, 2010).

- 1) Infeksi ini memiliki periode tanpa gejala yang diikuti oleh munculnya gejala kembali.
- 2) Virus laten yang diaktivasi kembali akan menyebabkan reproduksi virus baru.

Penyebaran Virus

Virus menunjukkan ciri kehidupan hanya jika berada pada sel organisme sel lain. Sel inang virus berupa bakteri, mikroorganisme eukariot, sel tumbuhan dan sel hewan serta sel manusia. Virus yang menyerang tumbuhan dapat masuk kedalam tumbuhan lain, terutama hewan melalui perantara serangga. Virus yang menyerang tumbuhan atau hewan serta manusia dapat masuk ke dalam tubuh hewan atau manusia lain misalnya melalui makanan, minuman, udara, darah, luka dan gigitan (Pelczar, 1999).

4.3. Klasifikasi Virus

Menurut sistem yang diperkenalkan oleh A. Loff dan kawan-kawan dalam tahun 1962, virus dikelompokkan menurut sifat

virionnya yaitu semacam asam nukleat, bentuk susunan kapsid, ada tidaknya selubung dan ukuran kapsid. Pembagian lebih lanjut didasarkan atas sifat-sifat lain virion itu, seperti sejumlah untaian asam nukleat (satu atau dua, sifat pertumbuhan virus, seperti kedudukan tempat sintesis virus di dalam sel dan hubungan timbal balik antara inang dan virus, seperti digambarkan oleh kisaran inang. Sistem ini dimaksudkan untuk menggambarkan klasifikasi alami atau filogenik, berarti sistem ini bukannya mencoba menggambarkan hubungan evolusioner antara virus-virus. Hubungan yang sama sekali tidak jelas melainkan sistem ini menggolongkan virus berdasarkan susunan biasa sifat-sifat kimiawi dan strukturnya yang merupakan sifat tetap yang dapat ditentukan dengan cermat. (Budiyanto, 2010).

Nama famili virus ditandai dengan akhiran viridae. Anggota famili mempunyai sifat umum sama dan tidak banyak berubah. Anggota famili mempunyai sifat umum sama dan tidak banyak berubah. Anggota famili tertentu mempunyai morfologi virion, struktur dan replikasi genom khas. Hal ini menunjukkan kemungkinan filogenitas yang sama. Nama subfamili diberi akhiran virinae. Nama akhiran genus diberi akhiran virus. Pengelompokan virus atas spesies merupakan hal yang masih diperdebatkan. Ada yang berpendapat bahwa spesies merupakan kumpulan galur dengan sifat tertentu yang berbeda dari kumpulan galur lain. Sifat yang dipakai sebagai kriteria penentuan spesies dapat berupa sifat fisikokimia, sifat serologik atau sifat biologik lain (Kurniawati, 2010).

Berbagai jenis virus diklasifikasikan berdasarkan jenis sel inang. Inang spesifik terutama ditentukan dari kesesuaian reseptor pada permukaan sel inang tempat virus melekat. Berdasarkan jenis sel inangnya, virus diklasifikasikan dalam empat kelompok yaitu: virus bakteri, virus mikroorganisme eukariot, virus tumbuhan dan virus hewan (Wagner, 2008).

Tabel 3. Klasifikasi Virus Berdasarkan Jenis Sel Inang

No	Klasifikasi Virus	Keterangan
1	Virus Bakteri	Virus bakteri adalah virus yang sel inangnya merupakan sel bakteri. Virus bakteri mengandung materi genetik berupa DNA. Contoh virus bakteri adalah <i>Escherichioa coli</i> .
2	Virus mikroorganisme eukariot	Virus mikroorganisme eukariot adalah virus yang sel inangnya berupa mikroorganisme yang

		tergolong eukariotik, seperti protozoa dan jamur. Virus ini mengandung RNA.
3	Virus tumbuhan	Virus tumbuhan adalah virus yang sel inangnya adalah tumbuhan yang sebagian besar mengandung RNA.
4	Virus Hewan	Virus yang sel inangnya adalah sel hewan atau sel manusia. Virus ini mengandung DNA dan RNA. Contohnya adalah virus pada mulut dan kaki sapi serta virus rabies pada anjing.

Sumber: Wagner, 2008

Tabel 4. Klasifikasi Virus Berdasarkan Kandungan Materi Genetik

Virus DNA/RNA	Contoh
Virus DNA	a) Poxivirus, b) Herpesvirus, c) Adenovirus dan d) Papovirus.
Virus RNA	a) Paramyxovirus, b) Myxovirus, c) Reustrovirus, d) Rhabdovirus, e) Reovirus, f) Togavirus dan g) Picornavirus

Sumber : Pelczar dan Chan, 2008

Perbedaan virus dengan mikroorganisme lain :

1. Mengandung satu jenis asam nukleat sebagai genom
2. Tidak mempunyai aktivitas metabolisme
3. Tidak mempunyai membran plasma, sitoplasma dan ribosome
4. Hanya dapat bereplikasi di dalam sel atau jaringan hidup sehingga disebut parasit obligat intraselular
5. Tidak peka terhadap antibiotika
6. Peka terhadap interferon
7. Dapat menyebabkan infeksi laten (pada kondisi ini tercapai keseimbangan antara virus dan tuan rumah)

4.4. Reproduksi Virus

Pendapat berbeda pada apakah virus adalah bentuk kehidupan, atau struktur organik yang berinteraksi dengan organisme hidup. Mereka telah digambarkan sebagai "organisme di tepi kehidupan", karena mereka menyerupai organisme dalam bahwa mereka memiliki gen dan berkembang oleh seleksi alam, dan bereproduksi dengan membuat beberapa salinan dari diri mereka sendiri melalui self-assembly. Meskipun mereka memiliki gen, mereka tidak memiliki struktur seluler, yang sering dilihat sebagai unit dasar kehidupan. Virus tidak memiliki metabolisme mereka sendiri, dan membutuhkan sel inang untuk membuat produk baru (Wagner, 2008). Karena itu mereka tidak dapat mereproduksi di luar sel inang (meskipun spesies bakteri seperti rickettsia dan klamidia dianggap organisme hidup meskipun keterbatasan yang sama) diterima bentuk pembelahan hidup menggunakan sel untuk mereproduksi, sedangkan virus spontan merakit dalam sel. Mereka berbeda dari pertumbuhan kristal sebagai otonom mereka mewarisi mutasi genetik sementara tunduk pada seleksi alam. Virus self-assembly dalam sel host memiliki implikasi untuk studi asal usul kehidupan, karena keyakinan terhadap hipotesis bahwa kehidupan dapat dimulai sebagai diri merakit molekul organik.

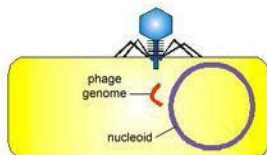
Perkembangbiakan virus sering juga disebut dengan istilah **replikasi**. Untuk berkembangbiak, virus memerlukan lingkungan sel yang hidup. Oleh karena itu, virus menginfeksi sel bakteri, sel hewan, sel tumbuhan dan sel manusia. Ada dua macam cara virus menginfeksi bakteri, yaitu secara litik dan secara lisogenik. Pada infeksi secara lisogenik, virus tidak menghancurkan sel, tetapi berintegrasi dengan DNA sel induk. Dengan demikian, virus akan bertambah banyak pada saat sel inang membelah (Pelczar dan Chan, 1999).

Pada prinsipnya cara perkembangbiakan virus pada hewan maupun tumbuhan mirip dengan yang berlangsung pada bakteriofag (Wagner, 2008; Creager, 2002) seperti yang diuraikan berikut ini.

1. Infeksi secara litik melalui fase-fase berikut ini:

a. Fase Absorpsi

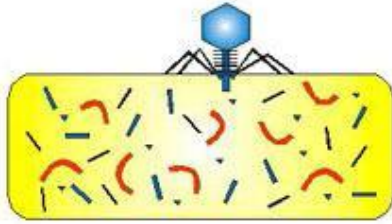
Pada fase Absorpsi, fage melekat di bagian tertentu dari dinding sel bakteri dengan serabut ekornya. Daerah perlekatan itu disebut daerah reseptor, daerah ini khas bagi fage sehingga fage jenis lain tidak dapat melekat di tempat tersebut.



Gambar 19. Fase Absorpsi Virus pada Sel Inang
(<http://biology.about.com/library/weekly/aa110900a.htm>)

b. Fase Penetrasi

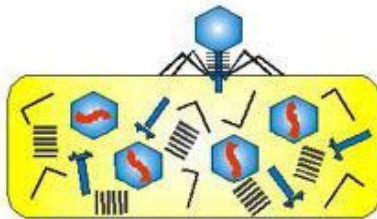
Meskipun tidak memiliki enzim untuk metabolisme, bakteriofage memiliki enzim lisosom yang berfungsi merusak dinding sel bakteri. Setelah dinding sel bakteri terhidrolisi, maka DNA fage masuk ke dalam sel bakteri



Gambar 20. Fase Penetrasi Virus pada Sel Inang
(<http://biology.about.com/library/weekly/aa110900a.htm>)

c. Fase Replikasi dan Sintesis

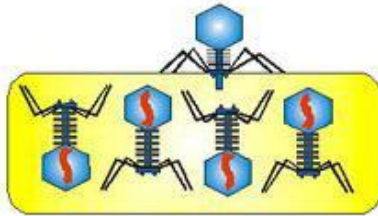
Pada fase ini, fage merusak DNA bakteri dan menggunakannya sebagai bahan untuk replikasi dan sintesis. Pada fase replikasi, fage menyusun dan memperbanyak DNANYa. Pada fase sintesis, fage membentuk selubung-selubung protein (kapsid) baru. Bagian-bagian fage yang terdiri dari kepala, ekor dan serabut ekor telah terbentuk.



Gambar 21. Fase Replikasi dan Sintesis Virus pada Sel Inang
(<http://biology.about.com/library/weekly/aa110900a.htm>)

d. Fase Perakitan

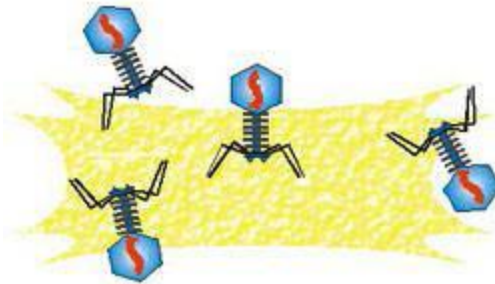
Komponen-komponen fage akan disusun membentuk fage baru yang lengkap dengan dengan molekul DNA dan kapsidnya.



Gambar 22. Fase Perakitan Virus pada Sel inang
(<http://biology.about.com/library/weekly/aa110900a.htm>)

e. Fase Pembebasan atau Lisis

Setelah fage dewasa, sel bakteri akan pecah (lisis), sehingga fage yang baru akan keluar. Jumlah virus baru ini dapat mencapai 200 buah. Pembentukan partikel bakteriofage melalui siklus litik ini memerlukan waktu 20 menit.



Gambar 23. Fase Pembebasan atau Lisis Virus pada Sel Inang
(<http://biology.about.com/library/weekly/aa110900a.htm>)

2. Infeksi secara lisogenik

Infeksi secara lisogenik melalui fase-fase berikut ini:

a). Fase Absorpsi dan Infeksi

Pada fase absorpsi dan infeksi peristiwa yang terjadi sama halnya dengan fase absorpsi pada infeksi secara litik. Fage menempel di tempat yang tepat yang spesifik pada sel bakteri.

b). Fase Penetrasi

Pada fase ini, fage melepas enzim lisozim sehingga dinding sel bakteri berlubang. Selanjutnya, DNA fage masuk ke dalam sel bakteri.

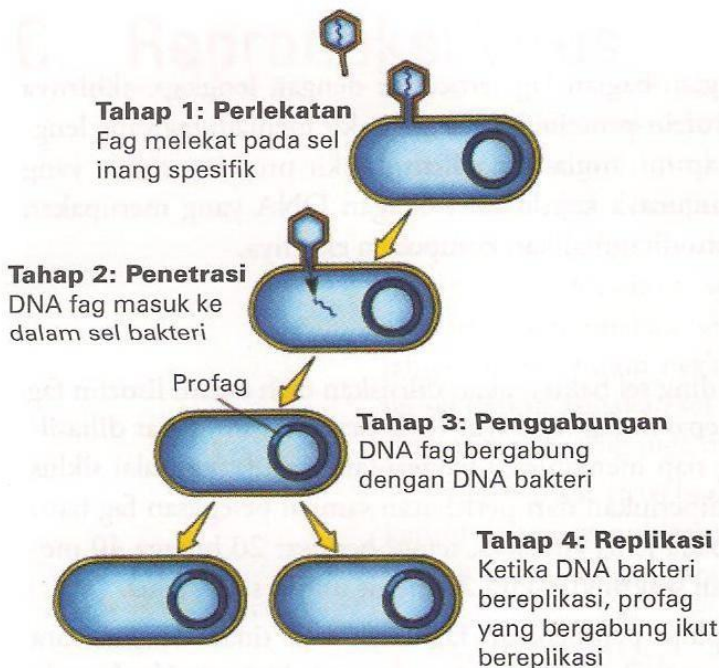
c). Fase Penggabungan

DNA virus bergabung dengan DNA bakteri membentuk profage. Dalam bentuk profage, sebagian besar gen berada dalam fase tidak aktif, tetapi sedikitnya ada satu gen yang selalu aktif. Gen aktif berfungsi untuk mengkode protein reseptor yang berfungsi menjaga agar sebagian gen profage tidak aktif.

d). Fase Replikasi

Saat profage akan bereplikasi, itu artinya DNA fage juga turut bereplikasi. Kemudian ketika bakteri membelah diri, bakteri menghasilkan dua sel anakan yang masing-masing mengandung profage. DNA fage (dalam profage) akan terus bertambah banyak jika sel bakteri terus menerus membelah. Bakteri lisogenik dapat diinduksi untuk mengaktifkan profagenya. Pengaktifan ini mengakibatkan terjadinya siklus litik.

Untuk berkembang biak virus memerlukan tempat atau lingkungan yang hidup. Oleh karena itu, virus menginfeksi sel bakteri, sel hewan, atau sel tumbuhan untuk bereproduksi. Ada dua macam cara virus menginfeksi bakteri, yaitu secara litik dan secara lisogeni. Pada infeksi secara litik, virus akan menghancurkan sel induk setelah berhasil melakukan reproduksi, sedangkan pada infeksi secara lisogenik, virus tidak menghancurkan sel bakteri tetapi virus berintegrasi dengan DNA sel bakteri, sehingga jika bakteri membelah atau berkembang biak virus pun ikut membelah.



Gambar Siklus lisogenik

Sumber: Solomon, 1993: 511

Penyakit pada Hewan yang disebabkan oleh virus

Jenis virus yang menyebabkan penyakit pada hewan (Anonim, 2011; Waluyo, 2004), antara lain:

1. **Penyakit tetelo**, yakni jenis penyakit yang menyerang bangsa unggas, terutama ayam. Penyebabnya adalah new castle disease virus (NCDV). Ayam yang terjangkit penyakit ini harus dimusnahkan karena dapat bertindak sebagai sumber pencemaran dan penular. diikuti oleh gangguan syaraf serta diare.
2. **Penyakit kuku dan mulut**, yakni jenis penyakit yang menyerang ternak sapi dan kerbau. penyakit kuku dan mulut merupakan suatu penyakit yang disebabkan oleh virus yang mudah menyerang hewan ternak berkuku belah diantaranya sapi, kerbau, domba, kambing, dan babi. Penyebaran penyakit itu dapat disebabkan oleh beberapa hal diantaranya virus yang terbawa oleh angin, persinggungan badan dengan hewan ternak yang sudah terinfeksi, bercampurnya hewan ternak dalam angkutan truk, serta pakan ternak yang mengandung virus. Penyakit kuku dan mulut mengakibatkan sariawan yang mengganggu kuku dan mulut sehingga ternak tidak nafsu makan selama hampir dua minggu, hingga berangsur kurus dan akhirnya mati.
3. **Penyakit kanker** pada ayam oleh rous sarcoma virus (RSV).
4. **Penyakit rabies**, yakni jenis penyakit yang menyerang anjing, kucing, dan monyet. Penyebabnya adalah Rhabdovirus. Penyakit anjing gila (rabies) adalah suatu penyakit menular yang akut, menyerang susunan syaraf pusat, disebabkan oleh virus rabies jenis Rhabdho virus yang dapat menyerang semua hewan berdarah panas dan manusia. Penyakit ini sangat ditakuti dan mengganggu ketentraman hidup manusia, karena apabila sekali gejala klinis penyakit rabies timbul maka biasanya diakhiri dengan kematian.
5. **Polyoma**, penyebab tumor pada hewan
 - Adenovirus, penyebab tumor pada hewan tertentu.
 - Rhabdovirus, penyebab rabies.
 - Retrovirus, misalnya HIV
6. **Avian Influenza A (H5N1)**, Penyebab penyakit fli burung yang menyerang unggas dan mamalia.

7. Swine influenza /Flu Babi (H1N1)

Diakibatkan oleh sejenis virus influenza tipe A dari famili Orthomyxoviridae. Mekanisme patogenitas pada virus ini disebabkan oleh kemampuan organisme tersebut memicu suatu respon hilangnya daya tahan tubuh.

Virus yang Menguntungkan

Pada fase lisogenik, DNA virus menyambung diri ke DNA bakteri. Ini menyebabkan di dalam DNA bakteri mengandung profag (DNA virus). Dengan kata lain, di dalam DNA bakteri terkandung materi genetik virus. Ketika profag aktif dan DNA bakteri hancur, sebagian DNA bakteri yang tidak hancur ada yang terbawa DNA virus. Dengan demikian, DNA virus dapat mengandung gen bakteri (Purves dan Sadava. 2003).

Misalnya, di dalam DNA virus terkandung DNA bakteri pertama. Apabila virus ini menginfeksi bakteri kedua, dan kemudian mengikuti daur lisogenik, maka di dalam DNA bakteri kedua ini terkandung DNA virus dan DNA bakteri pertama.

DNA adalah materi genetik yang dapat menentukan sifat makhluk hidup. Jika DNA berubah, maka sifat makhluk hidup pun berubah. Berdasarkan prinsip ini jika di dalam bakteri kedua terdapat DNA virus dan DNA bakteri pertama maka sebagian sifat bakteri pertama dapat dimiliki oleh bakteri kedua. Jadi, bakteri kedua memiliki sebagian sifat bakteri pertama (Singleton dan Sainsbury. 2006).

Berdasarkan prinsip di atas, maka virus digunakan untuk keperluan berikut :

a. Membuat antitoksin

Melihat kasus lisogenik ini, para pakar berpikir, bagaimana kalau sebelumnya di dalam DNA virus digabungkan DNA (gen) lain yang menguntungkan, sehingga sifat menguntungkan ini dimiliki oleh bakteri yang diinfeksi. Sebagai contoh, ke dalam DNA virus disambungkan DNA (gen) manusia yang mengontrol sintesis antitoksin (pelawan racun). Selanjutnya, gen tadi disambungkan ke sel bakteri oleh virus lisogenik. Nah. Sel bakteri kini memuat gen manusia, yakni gen penghasil antitoksin. Dengan kata lain bakteri yang semula tidak dapat menghasilkan antitoksin manusia, sekarang mampu memproduksi antitoksin manusia (Anonim, 2011).

Apabila bakteri terus-menerus membelah diri, berarti setiap sel bakteri baru yang dihasilkan akan mengandung DNA manusia dan mampu memproduksi antitoksin. Antitoksin yang diproduksi dapat

dipisahkan dan digunakan untuk melawan penyakit pada manusia. Bakteri yang demikian diusahakan agar DNA virus yang tergabung itu tidak "kumat" lagi, agar DNA virus tidak "pergi" dari dalam sel bakteri (Singleton dan Sainsbury. 2006).

Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa virus dapat "dititipi" gen manusia atau gen organisme lain untuk dimasukkan ke dalam sel bakteri sehingga sel bakteri tersebut membawa sifat gen yang dititipkan tersebut.

b. Melemahkan bakteri

Contoh lain tentang virus yang menguntungkan adalah virus yang menyerang bakteri patogen. jika DNA virus lisogenik masuk ke dalam DNA bakteri patogen, maka bakteri tersebut menjadi tidak berbahaya. Misalnya bakteri penyebab penyakit difteri dan bakteri penyebab demam scarlet yang berbahaya akan berubah sifat menjadi tidak berbahaya jika di dalam DNANYA tersambung oleh profag (Singleton dan Sainsbury. 2006).

c. Memproduksi vaksin

Selain itu, beberapa virus digunakan untuk memproduksi vaksin. Vaksin merupakan suatu zat yang mengandung mikroorganisme patogen yang sudah dilemahkan. Pemberian vaksin memberikan kekebalan secara aktif, sehingga jika menyerang manusia atau hewan, tidak berbahaya lagi. Karena diberi vaksin, tubuh akan memproduksi antibodi. Kelak jika patogen yang sesungguhnya menyerang, tubuh telah kebal karena berhasil memproduksi antibodi bagi patogen tersebut.

Pada awalnya vaksin dibuat secara konvensional. Beberapa tipe vaksin yang dibuat melalui metode konvensional (Irianto, 2002) adalah sebagai berikut:

- Vaksin yang berasal dari patogen yang telah dimatikan oleh bahan kimia atau oleh pemanasan. Misalnya vaksin influenza, kolera dan hepatitis A. Tipe vaksin ini hanya membentuk respon kekebalan sementara.
- Vaksin yang berasal dari patogen yang dilemahkan. Misalnya vaksin campak. Vaksin ini menimbulkan respon kekebalan yang lebih lama masanya.
- Vaksin yang berasal dari senyawa patogenik mikroorganisme yang dibuat tidak aktif. Misalnya vaksin tetanus dan difteri.

Akan tetapi, produksi vaksin secara konvensional tersebut menimbulkan berbagai efek samping yang merugikan (Anonim, 2011). Diantaranya:

- Patogen yang dibuat untuk vaksin masih melakukan proses metabolisme.
- Patogen yang dibuat untuk vaksin masih memiliki kemampuan untuk menyebabkan penyakit.
- Ada sebagian orang yang alergi terhadap sisa-sisa sel yang ditinggalkan dari produksi vaksin, meskipun sudah dilakukan proses pemurnian.
- Orang-orang yang bekerja dalam pembuatan vaksin mungkin bersentuhan dengan patogen, meskipun sudah dicegah dengan pengaman.

Untuk mengurangi resiko tersebut, sekarang ini dikembangkan pembuatan vaksin dengan menggunakan rekayasa genetika.

Prinsip-prinsip rekayasa genetika dalam pembuatan vaksin adalah sebagai berikut (Anonim, 2011):

1. Mengisolasi (memisahkan) gen-gen penyebab sakit dari virus/patogen
2. Menyisipkan gen-gen tersebut ke dalam sel bakteri atau kultur sel hewan. Sel bakteri atau sel hewan yang telah disisipi gen itu disebut rekombinan.
3. Rekombinan itu akan menghasilkan antigen. Selanjutnya rekombinan akan dikultur, sehingga diperoleh antigen dalam jumlah yang banyak.
4. Antigen itu diekstraksi untuk digunakan sebagai vaksin.

Contoh vaksin yang telah dibuat dengan cara ini adalah vaksin untuk penyakit poliomyelitis, cacar air, dan rabies.

Pemberantasan Dan Penanganan Virus

Karena biasanya memanipulasi mekanisme sel induknya untuk bereproduksi, virus sangat sulit untuk dibunuh. Metode pengobatan sejauh ini yang dianggap paling efektif adalah vaksinasi, untuk merangsang kekebalan alami tubuh terhadap proses infeksi, dan obat-obatan yang mengatasi gejala akibat infeksi virus. Penyembuhan penyakit akibat infeksi virus biasanya disalah-antisipasikan dengan penggunaan antibiotik, yang sama sekali tidak mempunyai pengaruh terhadap kehidupan virus. Efek samping penggunaan antibiotik adalah resistansi bakteri terhadap antibiotik. Karena itulah diperlukan

pemeriksaan lebih lanjut untuk memastikan apakah suatu penyakit disebabkan oleh bakteri atau virus.

Latihan

- 1. Gambarkan struktur tubuh virus Bakteriophage lengkap dengan bagian-bagiannya!

1.	
2.	
Dst	

- 3. Mengapa virus tidak digolongkan kedalam kelompok makhluk hidup?

Rangkuman

Virus hanya dapat berkembang biak di sel-sel hidup lain (sifat virus parasit obligat) karenanya, virus dapat dibiakkan pada telur ayam yang berisi embrio hidup. Untuk bereproduksi virus hanya memerlukan asam nukleat saja. Ciri lainnya, virus tidak dapat bergerak maupun melakukan aktivitas metabolisme sendiri. Selain itu virus tidak dapat membelah diri. Virus tidak dapat diendapkan dengan sentrifugasi biasa, tetapi dapat dikristalkan.

Virus paling sederhana terdiri dari asam nukleat yang dibungkus kapsid yang disebut nukleokapsid. Virus yang hanya terdiri dari nukleokapsid disebut virus telanjang. Contoh virus yang hanya berupa nukleokapsid adalah TMV, adenovirus dan virus kutil. Selain nukleokapsid ada virus yang memiliki bagian luar seperti selubung, ekor, kepala dan lain-lain. Virus yang seperti ini disebut virus kompleks.

Virus tidak dapat mereproduksi di luar sel inang (meskipun spesies bakteri seperti rickettsia dan klamidia dianggap organisme hidup meskipun keterbatasan yang sama) diterima bentuk pembelahan hidup menggunakan sel untuk mereproduksi, sedangkan virus spontan merakit dalam sel. Mereka berbeda dari pertumbuhan kristal sebagai otonom mereka mewarisi mutasi genetik sementara tunduk pada seleksi alam.

Virus dikenal dengan istilah mikroba pembawa bibit penyakit. Akan tetapi sebenarnya juga memiliki banyak manfaat, diantaranya : virus digunakan untuk membuat antitoksin; melemahkan bakteri dan berguna dalam pembuatan vaksin. Jadi sesungguhnya Allah menciptakan virus juga untuk dijadikan sebagai bahan pelajaran bagi manusia untuk pengembangan ilmu pengetahuan demi kemaslahatan umat manusia. Sebagaimana firman Allah dalam Al Qur'an Surat Thaahaa ayat 6 dan Surat Luqman ayat 20:

لَهُ مَا فِي السَّمَوَاتِ وَمَا فِي الْأَرْضِ وَمَا بَيْنَهُمَا وَمَا تَحْتَ

الْأَرْضِ ﴿٦﴾

Terjemahnya:

Kepunyaan-Nya-lah semua yang ada di langit, semua yang ada di bumi, semua yang di antara keduanya dan semua yang di bawah tanah (Q.S. Thaahaa: 6)

أَلَمْ تَرَوْا أَنَّ اللَّهَ سَخَّرَ لَكُم مَّا فِي السَّمَوَاتِ وَمَا فِي الْأَرْضِ
وَأَسْبَغَ عَلَيْكُمْ نِعَمَهُ ظَهِرَةً وَبَاطِنَةً وَمِنَ النَّاسِ مَن يُجَادِلُ فِي اللَّهِ

بِغَيْرِ عِلْمٍ وَلَا هُدًى وَلَا كِتَابٍ مُّنِيرٍ ﴿٢٠﴾

untuk (kepentingan)mu apa yang di langit dan apa yang di bumi dan menyempurnakan untukmu nikmat-Nya lahir dan batin. Dan di antara manusia ada yang membantah tentang (keesaan) Allah tanpa ilmu pengetahuan atau petunjuk dan tanpa Kitab yang memberi penerangan.

Kedua ayat tersebut di atas menunjukkan bahwa kehadiran virus merupakan salah satu bukti kekuasaan Allah dan kebenaran itu mutlak adanya dan bahwa manusia dapat menggunakan akal pikirannya untuk melakukan riset lebih lanjut tentang pemanfaatan virus untuk pengobatan penyakit baik pada manusia maupun hewan ternak.

Test Formatif

1. Jelaskan secara ringkas replikasi virus secara litik dan lisogenik !
2. Bagaimana anda membedakan siklus litik dan lisogenik?
3. Jelaskan prinsip rekayasa genetic dalam pembuatan vaksin!
4. Virus tidak saja merugikan tapi juga menguntungkan bagi manusia dan hewan. Jelaskan pendapat anda dan berikan contoh !
5. Jelaskan salah satu virus penyebab penyakit pada hewan ternak (jenis, masa inkubasi penyakit dan cara pencegahan)

BAB V JAMUR

A. Gambaran Singkat Mengenai Materi Kuliah

Bab ini membahas tentang struktur jamur baik dari segi anatomi maupun morfologinya, klasifikasi jamur dan cara bereproduksi. Reproduksi jamur juga terbagi atas dua macam, yaitu dapat secara vegetatif atau aseksual ataupun generatif atau secara seksual. Jamur sebenarnya tidak selamanya merugikan tetapi dapat juga menguntungkan baik dalam dunia hewan / peternakan dan juga bagi manusia.

B. Pedoman Mempelajari Materi

Pahami dengan jelas isi materi mengenai struktur tubuh jamur, reproduksi jamur, klasifikasi dan peranan jamur. Selanjutnya kerjakan soal-soal latihan yang tercantum di bagian akhir dari bab ini.

C. Tujuan Pembelajaran

1. Mahasiswa mampu menjelaskan ciri-ciri jamur.
2. Mahasiswa mampu menjelaskan struktur tubuh jamur dan membedakannya dengan mikroorganisme lain
3. Mahasiswa mampu menjelaskan cara hidup jamur
4. Mahasiswa mampu menjelaskan peranan jamur dalam dunia peternakan baik yang merugikan maupun yang menguntungkan

D. Materi Kuliah:

Mikroorganisme jenis ini ada yang makroskopik dan juga mikroskopik. Jamur termasuk banyak memberikan manfaat baik pada dunia manusia maupun hewan ternak. Firman Allah SWT dalam Al Qur'an surat Al Hijr ayat 20:

وَجَعَلْنَا لَكُمْ فِيهَا مَعِيشَ وَمَنْ لَّسْتُمْ لَهُ بِرَازِقِينَ ﴿٢٠﴾

Terjemahnya:

Dan Kami telah menjadikan untukmu di bumi keperluan-keperluan hidup, dan (Kami menciptakan pula) makhluk-makhluk yang kamu sekali-kali bukan pemberi rezki kepadanya (Q.S. Al Hijr: 20).

Sehubungan dengan penciptaan jamur di muka bumi, ayat ini membuktikan kekuasaan Allah bahwa manusia dapat menggunakan jamur untuk kepentingan hidup mereka sehingga dengannya manusia

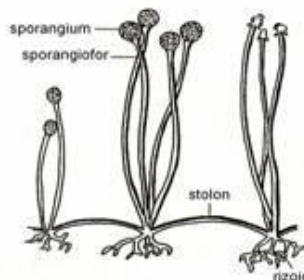
bisa menghasilkan sesuatu yang lebih produktif. Selebihnya tentang keistimewaan dan kegunaan jamur akan dijelaskan dalam sub bab dibawah ini.

5.1. Anatomi dan Morfologi Jamur

Struktur tubuh jamur tergantung pada jenisnya. Ada jamur yang satu sel, misalnya khamir, ada pula jamur yang multiseluler membentuk tubuh buah besar yang ukurannya mencapai satu meter, contohnya jamur kayu. Tubuh jamur tersusun dari komponen dasar yang disebut hifa. Hifa membentuk jaringan yang disebut miselium. Miselium menyusun jalinan-jalinan semu menjadi tubuh buah (Irianto, 2002).

Hifa adalah struktur menyerupai benang yang tersusun dari dinding berbentuk pipa. Dinding ini menyelubungi membran plasma dan sitoplasma hifa. Sitoplasmanya mengandung organel eukariotik. Kebanyakan hifa dibatasi oleh dinding melintang atau septa. Septa mempunyai pori besar yang cukup untuk dilewati ribosom, mitokondria, dan kadangkala inti sel yang mengalir dari sel ke sel. Akan tetapi, adapula hifa yang tidak bersepta atau hifa senositik. Struktur hifa senositik dihasilkan oleh pembelahan inti sel berkali-kali yang tidak diikuti dengan pembelahan sitoplasma (Prescott et al., 2008).

Hifa pada jamur yang bersifat parasit biasanya mengalami modifikasi menjadi haustoria yang merupakan organ penyerap makanan dari substrat; haustoria dapat menembus jaringan substrat. Hifa kemudian bercabang-cabang membentuk anyaman yang disebut miselium. Hifa jamur ada yang bersekat (bersepta) dan ada yang tidak bersekat. Hifa yang tidak bersekat mempunyai nukleus menyebar di dalam protoplasma. Hifa semacam ini disebut hifa koenositik. Pada jamur parasit terdapat hifa yang khusus untuk menyerap makanan dari inangnya yang disebut haustorium (Dwijoeputro, 1989).



Gambar 24. Anatomi Jamur (Pelczar dan Chan, 2008)

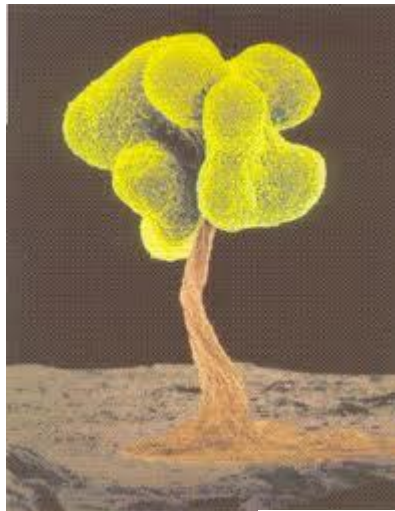
5.2. Klasifikasi jamur

Jamur merupakan tumbuhan yang tidak mempunyai klorofil sehingga bersifat heterotrof, tipe sel: seleukarotik. Jamur ada yang uniseluler dan multiseluler.

Jamur dibagi menjadi 6 divisi (Pelczar dan Chan, 2008; Barazandeh, 2008; Prescott et al., 2008):

1. Myxomycotina (Jamur lendir)

Myxomycotina merupakan jamur yang paling sederhana. Jamur ini mempunyai 2 fase hidup, yaitu: fase vegetatif (fase lendir) yang dapat bergerak seperti amuba, disebut plasmodium; dan fase tubuh buah. Jamur ini bereproduksi secara vegetatif dengan spora, yaitu spora kembara yang disebut myxoflagelata. Contoh spesies : *Physarum polycephalum*



Gambar 25. *Physarum polycephalum* (educationalassistance.org)

2. Zygomycotina

a) Struktur tubuh

Tubuh multiseluler, umumnya hidup sebagai saprofit. Miceliumnya bercabang banyak dan hifanya tidak bersekat – sekat, miselium pada rizopus memiliki tiga tipe hifa, yaitu ;

1. Stolon, yaitu hifa yang membentuk jaringan pada substrat misalnya roti.

2. Ryzoid, yaitu hifa yang membentuk substrat dan berfungsi sebagai jangkar untuk menyerap makanan.

3. Sporangiofor, yaitu hifa yang tumbuh tegak pada permukaan substrat dan memiliki sporangia globuler(bentuk built diujungnya).

b) Cara reproduksi

Vegetatif: dengan spora.; Generatif: dengan konjugasi hifa (+) dengan hifa (-) akan menghasilkan zigospora yang nantinya akan tumbuh menjadi individu baru. Contoh : *Mucor mucedo* (hidup di kotoran ternak dan roti), dan *Rhizopus oligosporus* (jamur tempe).



Gambar 26: *Rhizopus oligosporus* (jamur tempe) (www.google.co.id)

3. Ascomycotina

Tubuh ada yang uniseluler dan ada yang multi seluler. Ascomycotyna yang multiseluler, hifanya bersekat dan berinti banyak. Cara hidup hidupnya ada yang parasit, saprofit, ada yang bersimbiosis dengan ganggang membentuk Lichenes(Lumut kerak).

Cara bereproduksi: Vegetatif yaitu pada jamur uniseluler membentuk tunas-tunas, pada yang multiseluler membentuk sporadari konidia.Sedangkan secara generatif yaitu dengan membentuk askus yang menghasilkan askospora.

Contoh:

- *Sacharomyces cerevisiae*: ragi, dipakai untuk membuat bir, roti maupun alkohol. Jamur ini mampu mengubah glukosa menjadi alkohol dan CO₂ dengan proses fermentasi.
- *Neurospora sitophila*: jamur oncom.
- *Penicillium notatum* dan *Penicillium chrysogenum* penghasil antibiotika penisilin.
- *Penicillium camemberti* dan *Penicillium roqueforti* berguna untuk mengharumkan keju.
- *Aspergillus oryzae* untuk membuat sake dan kecap.
- *Aspergillus wentii* untuk membuat kecap
- *Aspergillus flavus* hidup pada biji-bijian.

- *Claviceps purpurea* hidup sebagai parasit pada bakal buah Gramineae.



Gambar 27. *Neurospora sitophila* (e-dukasi.net)

a. Kelas Hemiascomycetes,

Kelompok jamur ini tidak membentuk askoskap, tidak mempunyai hifa, tubuhnya terdiri dari sel bulat atau oval yang dapat bertunas, sehingga berbentuk rantai sel atau hifa semu. Contoh adalah *sacharomyces*.

Macam *sacharomyces*, yaitu:

1. *Sacharomyces cereviae*
2. *Sacharomyces tuac*
3. *Sacharomyces elipsoidens*

b. Kelas Plectomycetes

- *Aspergillus*; jenisnya antara lain:

1. *Aspergillus fungigatus*, bersifat parasit dan menyebabkan penyakit pernapasan pada unggas,
2. *Aspergillus flafus*, menghasilkan alpha toksin yang diduga sebagai penyebab penyakit kanker hati
3. *Aspergillus niger*, menghasil kan asam sitrat.
4. *Aspergillus oryzae* , untuk merombak zat pati dalam pembuatan minuman beralkohol.
5. *Aspergillus nidulans*, parasit pada telinga menyebabkan otomikosis,
6. *Aspergillus soya*, untuk pembuatan kecap.

- *Penicillium*

Banyak terdapat pada bahan – bahan organik dan sebagai saprofit , misalnya sebagai berikut:

1. *Penicillium notatum* dan *penicillium chrysogenum* penghasil zat antibiotic.
2. *Penicillium camneberti* dan *Penicillium reguefort*, dimanfaatkan untuk meningkatkan kualitas keju.
3. *Penicillium itanicum*, dan *Penicillium digitatum* perusak buah jeruk.
4. *Penicillium ekspansum*, menyebabkan buah apel membusuk ditempat penyimpanan.
5. *Penicillium islandicum*, merusak beras sehingga berubah warna sehingga menjadi kuning.

- Pyrenomycetes

Ciri khas yang dimiliki adalah askokarp berbentuk khusus yang dilengkapi dengan ostiolum (lubang untuk melepas askus dan askospora). Tubuh buah seperti itu disebut peritesium, yang dapat berwarna cerah atau gelap.

Contoh kelas pyrenomycetes adalah *Neurospora sitophilla* yang banyak digunakan di Indonesia untuk membuat oncom merah dari ampas tahu atau bungkil kacang tanah. *Neurospora* dapat tumbuh subur pada tongkol jagung yang telah direbus dan telah diambil bijinya.

4. Basidiomycotina

Ciri khasnya alat reproduksi generatifnya berupa basidium sebagai badan penghasil spora. Kebanyakan anggota spesies berukuran makroskopik. Selain itu terdapatnya hifa septat dengan sambungan apit (clamp connection), spora seksualnya terbentuk dari basidium yang berbentuk ganda. Ciri – ciri jamur ini antara lain adalah berdaging, saprobe, tubuh buah seperti payung,tetapi pada beberapa spesies tangkainya asimetris, pendek bahkan tidak bertangkai. Basidiospora terdapat dipermukaan lamella atau bilah yang terbentuk di bagian bawah tudunya, contoh terkenal dari agaricaceae ini adalah *volvarella volvaceae* (jamur padi, kamur dami).

Contoh:

1. *Volvariella volvacea* : jamur merang, dapat dimakan dan sudah dibudidayakan
2. *Auricularia polytricha* : jamur kuping, dapat dimakan dan sudah dibudidayakan
3. *Exobasidium vexans* : parasit pada pohon teh penyebab penyakit cacar daun teh atau blister blight.
4. *Amanita muscaria* dan *Amanita phalloides*: jamur beracun, habitat di daerah subtropics
5. *Ustilago maydis* : jamur api, parasit pada jagung.

6. *Puccinia graminis* : jamur karat, parasit pada gandum

Daur hidup Basidiomycotina dimulai dari pertumbuhan spora basidium atau pertumbuhan konidium. Spora basidium atau konidium akan tumbuh menjadi benang hifa membentuk miselium.



Gambar 28: *Amanita muscaria* (blog.uad.ac.id)



Gambar 29: *Volvariella volvacea* (blog.uad.ac.id)

5. Deuteromycotina

Nama lainnya Fungi Imperfecti (jamur tidak sempurna) dinamakan demikian karena pada jamur ini belum diketahui dengan pasti cara pembiakan secara generatif.

a. Cara reproduksi

Reproduksi aseksual dengan menghasilkan konidia atau menghasilkan hifa khusus disebut konidiofor. Kemungkinan jamur ini

merupakan suatu perkembangan jamur yang tergolong Ascomycocetes ke Basidiomicetes tetapi tidak diketahui hubungannya.

b. Cara hidup

Jamur ini bersifat saprofit dibanyak jenis materi organic, sebagai parasit pada tanaman tingkat tinggi , dan perusak tanaman budidaya dan tanaman hias. Jamur ini juga menyebabkan penyakit pada manusia , yaitu dermatokinosis (kurap dan panu) dan menimbulkan pelapukan pada kayu.

Contoh klasik jamur ini adalah *monilia sitophila* , yaitu jamur oncom. Jamur ini umumnya digunakan untuk pembuatan oncom dari bungkil kacang. *Monilia* juga dapat tumbuh dari roti , sisa- sisa makanan, tongkol jagung , pada tonggak – tonggak atau rumput sisa terbakar, konodiumnya sangat banyak dan berwarna jingga.

Fase pembiakan secara vegetative pada *Monilia sp.* setelah diketahui Fase generatifnya, kemudian jamur ini dimasukkan golongan ascomycocetes dan diganti namanya menjadi *Neurospora sitophilla* atau *Neurospora crassa*.

Reproduksi generative *Monilia sp* dengan menghasilkan askospora. Askus – askus yang tumbuh pada tubuh buah dinamakan peritesium, tiap askus mengandung delapan spora.

Contoh lain jamur yang tidak diketahui alat reproduksi seksualnya antara lain : *chalado sporium*, *curvularia*, *gleosporium*, dan *diploria*. Untuk memberantas jamur ini digunakan fungisida , misalnya lokanol dithane M-45 dan copper Sandoz.



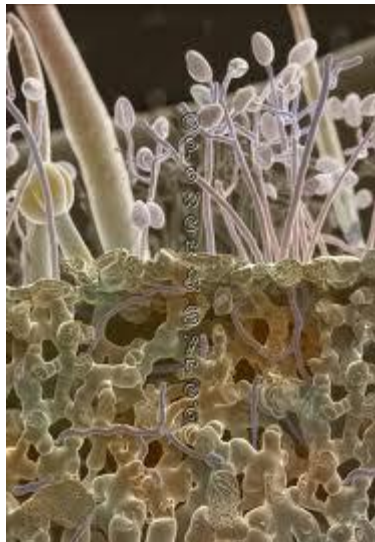
Gambar 30. *Neurospora crassa dalam cawan petri* (blog.uad.ac.id)

6. Oomycotina

Tubuhnya terdiri atas benang/hifa tidak bersekat, bercabang-cabang dan mengandung banyak inti. Cara reproduksinya: Secara vegetatif yaitu yang hidup di air dengan zoospora yang hidup di darat dengan sporangium dan konidia. Sedangkan secara generatif yaitu dengan bersatunya gamet jantan dan betina membentuk oospora yang selanjutnya tumbuh menjadi individu baru.

Contoh :

- *Saprolegnia sp.* Jamur ini hidup secara saprofit pada bangkai ikan, serangga darat maupun serangga air.
- *Phytophthora infestans*. Jamur ini penyebab penyakit busuk pada kentang.



Gambar 31. *Phytophthora infestans* (psmicrographs.co.uk)

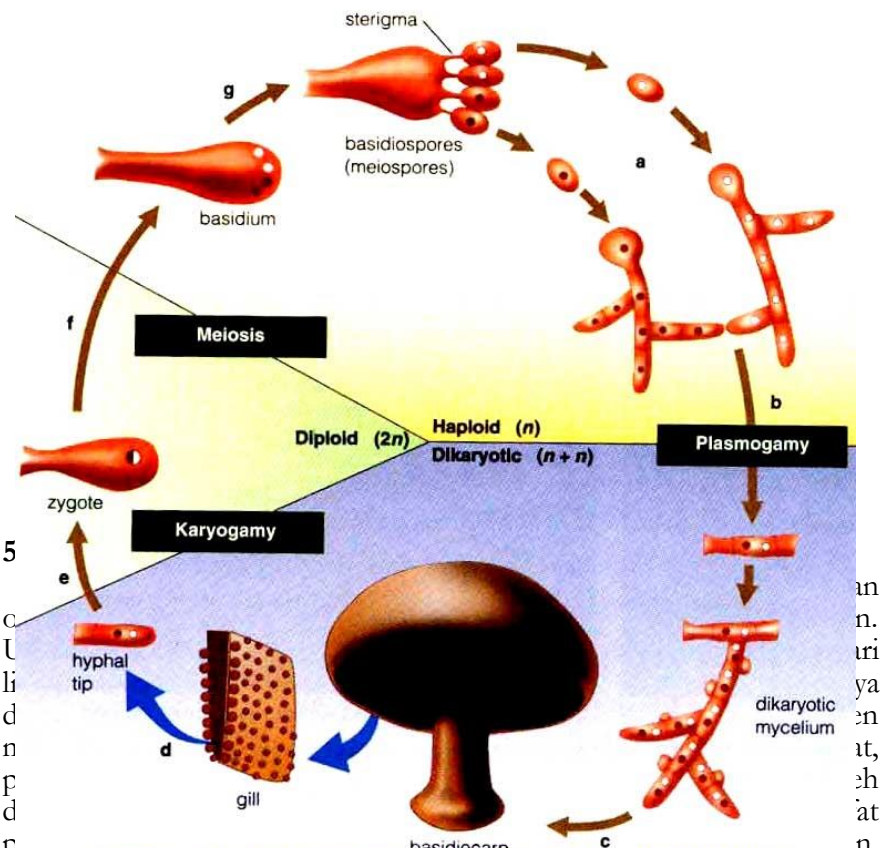
5.3. Reproduksi Jamur

Reproduksi jamur dapat secara seksual (generatif) dan aseksual (vegetatif). Secara aseksual, jamur menghasilkan spora. Spora jamur berbeda-beda bentuk dan ukurannya dan biasanya uniseluler, tetapi adapula yang multiseluler. Apabila kondisi habitat sesuai, jamur memperbanyak diri dengan memproduksi sejumlah besar spora aseksual. Spora aseksual dapat terbawa air atau angin. Bila mendapatkan tempat yang cocok, maka spora akan berkecambah dan tumbuh menjadi jamur dewasa (Barazandeh, 2008).

Reproduksi secara seksual pada jamur melalui kontak gametangium dan konjugasi. Kontak gametangium mengakibatkan terjadinya singami, yaitu persatuan sel dari dua individu. Singami

terjadi dalam dua tahap, tahap pertama adalah plasmogami (peleburan sitoplasma) dan tahap kedua adalah kariogami (peleburan inti). Setelah plasmogami terjadi, inti sel dari masing-masing induk bersatu tetapi tidak melebur dan membentuk dikarion. Pasangan inti dalam sel dikarion atau miselium akan membelah dalam waktu beberapa bulan hingga beberapa tahun. Akhirnya inti sel melebur membentuk sel diploid yang segera melakukan pembelahan meiosis (Waluyo, 2004).

Daur hidup jamur berbeda-beda bergantung pada divisinya. Spora jamur dibedakan menjadi dua macam, yaitu: spora aseksual dan spora seksual. Spora aseksual merupakan hasil pembelahan mitosis sedangkan spora seksual merupakan hasil pertemuan dua jenis gamet yang dihasilkan oleh hifa (Prescott et al., 2008).



Gambar : Siklus hidup cendawan basidiocarps. (Sumber : Rost et al. 1997).

a. Parasit obligat

Merupakan sifat jamur yang hanya dapat hidup pada inangnya, sedangkan di luar inangnya tidak dapat hidup. Misalnya, *Pneumonia carinii* (khamir yang menginfeksi paru-paru penderita AIDS).

b. Parasit fakultatif

Merupakan jamur yang bersifat parasit jika mendapatkan inang yang sesuai, tetapi bersifat saprofit jika tidak mendapatkan inang yang cocok.

c. Saprofit

Merupakan jamur pelapuk dan pengubah susunan zat organik yang mati. Jamur saprofit menyerap makanannya dari organisme yang telah mati seperti kayu tumbang dan buah jatuh. Sebagian besar jamur saprofit mengeluarkan enzim hidrolase pada substrat makanan untuk mendekomposisi molekul kompleks menjadi molekul sederhana sehingga mudah diserap oleh hifa. Selain itu, hifa dapat juga langsung menyerap bahan-bahan organik dalam bentuk sederhana yang dikeluarkan oleh inangnya.

Cara hidup jamur lainnya adalah melakukan simbiosis mutualisme. Jamur yang hidup bersimbiosis, selain menyerap makanan dari organisme lain juga menghasilkan zat tertentu yang bermanfaat bagi simbiotannya. Simbiosis mutualisme jamur dengan tanaman dapat dilihat pada mikoriza, yaitu jamur yang hidup di akar tanaman kacang-kacangan atau pada liken (Pelczar, 1999).

Jamur berhabitat pada bermacam-macam lingkungan dan berasosiasi dengan banyak organisme. Meskipun kebanyakan hidup di darat, beberapa jamur ada yang hidup di air dan berasosiasi dengan organisme air. Jamur yang hidup di air biasanya bersifat parasit atau saprofit, dan kebanyakan dari kelas Oomycetes (Prescott et al., 2008).

Peranan Jamur

Jamur memiliki peran baik peran yang merugikan maupun yang menguntungkan. Jamur yang menguntungkan meliputi berbagai jenis antara lain sebagai berikut (Waluyo, 2004):

- a. *Volvariella volvacea* (jamur merang) berguna sebagai bahan pangan berprotein tinggi.
- b. *Rhizopus* dan *Mucor* berguna dalam industri bahan makanan, yaitu dalam pembuatan tempe dan oncom.
- c. Khamir *Saccharomyces* berguna sebagai fermentor dalam industri keju, roti, dan bir.
- d. *Penicillium notatum* berguna sebagai penghasil antibiotik.

e. Higroporus dan *Lycoperdon perlatum* berguna sebagai dekomposer.

Beberapa jamur juga mempunyai peranan yang merugikan (Dwijoseputro, 1989), antara lain sebagai berikut :

- a. *Phyitium* sebagai hama bibit tanaman yang menyebabkan penyakit rebah semai.
- b. *Phythophthora inf'estan* menyebabkan penyakit pada daun tanaman kentang.
- c. *Saprolegnia* sebagai parasit pada tubuh organisme air.
- d. *Albugo* merupakan parasit pada tanaman pertanian.
- e. *Pneumonia carinii* menyebabkan penyakit pneumonia pada paru-paru manusia.
- f. *Candida sp.* penyebab keputihan dan sariawan pada manusia.

Latihan

1. Sebutkan sifat-sifat yang dimiliki jamur!
2. Sebutkan perbedaan jamur Basidiomycota dan Lichenes!
3. Bagaimana cara reproduksi jamur secara aseksual?
4. Apa saja kerugian yang ditimbulkan oleh jamur?
5. Mengapa lumut dikatakan kerak dapat memberi keuntungan?

Rangkuman

Tubuh jamur tersusun dari komponen dasar yang disebut hifa. Hifa membentuk jaringan yang disebut miselium. Miselium menyusun jalinan-jalinan semu menjadi tubuh buah. Hifa pada jamur yang bersifat parasit biasanya mengalami modifikasi menjadi haustoria yang merupakan organ penyerap makanan dari substrat; haustoria dapat menembus jaringan substrat. Hifa kemudian bercabang-cabang membentuk anyaman yang disebut miselium. Hifa jamur ada yang bersekat (bersepta) dan ada yang tidak bersekat.

Jamur diklasifikasikan atas enam divisi, yaitu divisi Myxomycotina; Zygomycotina; Ascomycotina; Basidiomycotina; Deuteromycotina; dan Oomycotina. Masing-masing divisi ini memiliki karakteristik sendiri dan terbagi lagi menjadi beberapa kelas dan species.

Jamur dapat memperbanyak diri baik secara vegetatif (aseksual) maupun secara generatif (seksual). Secara aseksual, jamur menghasilkan spora. Spora jamur berbeda-beda bentuk dan ukurannya dan biasanya uniseluler, tetapi adapula yang multiseluler. Apabila

kondisi habitat sesuai, jamur memperbanyak diri dengan memproduksi sejumlah besar spora aseksual. secara seksual pada jamur melalui kontak gametangium dan konjugasi. Kontak gametangium mengakibatkan terjadinya singami, yaitu persatuan sel dari dua individu. Singami terjadi dalam dua tahap, tahap pertama adalah plasmogami (peleburan sitoplasma) dan tahap kedua adalah kariogami (peleburan inti). Setelah plasmogami terjadi, inti sel dari masing-masing induk bersatu tetapi tidak melebur dan membentuk dikarion. Pasangan inti dalam sel dikarion atau miselium akan membelah dalam waktu beberapa bulan hingga beberapa tahun.

Selain berefek merugikan dimana dapat menyebabkan penyakit baik pada hewan, manusia, bahan pakan ternak maupun pangan; jamur juga memiliki beberapa peran yang menguntungkan diantaranya digunakan sebagai bahan fermentasi pada pakan ternak dan dalam industri pangan, jamur juga berperan sebagai dekomposer pengurai bahan-bahan organik dalam pembuatan pupuk.

Keseluruhan hal tersebut di atas sebagai bukti kekuasaan Allah yang tiada batasnya dan kepedulianNya akan kepentingan manusia sebagai makhluk-Nya yang paling mulia. Sebagaimana firman-Nya dalam Al Qur'an Surat Ali 'Imran ayat 2:

لَا إِلَهَ إِلَّا هُوَ الْحَيُّ الْقَيُّومُ ﴿٢﴾

Terjemahnya:

Allah, tidak ada Tuhan (yang berhak disembah) melainkan Dia. Yang hidup kekal lagi terus menerus mengurus makhluk-Nya (Q.S. Ali Imran : 2)

Test Formatif

Pilih salah satu jawaban yang benar!

1. Jamur tidak memiliki kormus, tetapi hanya memiliki

- a. talus
- b. daun
- c. akar
- d. batang
- e. cabang

2. Di bawah ini yang merupakan pernyataan yang benar adalah

- a. anteridium mengandung dua inti
- b. askogonium mengandung dua inti

- c. inti askogonium berpindah tempat ke anteridium
- d. askus dapat terbentuk dari hifa haploid
- e. anteridium mengandung inti yang haploid

3. Kumpulan benang-benang halus pada jamur disebut

- a. sporangium
- b. askospora
- c. miselium
- d. basidiospora
- e. spora

4. Jamur yang ada di darat dapat menghasilkan spora yang terbentuk dari sel-sel khusus yang disebut

- a. sorus
- b. hifa
- c. miselium
- d. askus
- e. basidium

5. Jamur dapat berkembang biak secara aseksual dengan membentuk

- a. konidium
- b. sporangium
- c. gemma
- d. sorus
- e. hifa

6. Dengan adanya Mikoriza pada akar, tumbuhan pinus akan mendapatkan

- a. karbon dioksida
- b. bahan-bahan organik
- c. enzim pencernaan makanan
- d. air dan bahan organik
- e. toksin untuk mengusir hama

7. Sekat yang menonjol dalam sporangium pada *Mucor mucedo* disebut

- a. konidium
- b. sporangium
- c. kulomela
- d. sorus
- e. basidium

8. Spora yang dapat bergerak di dalam air dengan menggunakan flagel disebut

- a. oospora
- b. sporangium
- c. gemma
- d. zoospora
- e. sporofit

9. Salah satu contoh jamur Zygomycota adalah

- a. jamur tempe
- b. jamur ragi
- c. jamur merang
- d. jamur kuping
- e. jamur tapai

10. Dinding sel pada jamur Zygomycota mengandung zat

- a. sitokitin
- b. kitin
- c. selulosa
- d. tanduk
- e. fiositin

11. Meskipun tidak sedang bersimbiosis dengan lumut, ganggang tetap dapat hidup mandiri. Hal ini terjadi karena ganggang mampu

- a. berfotosintesis
- b. hidup secara saprofit
- c. hidup secara fotoautotrof
- d. berkembang biak dengan membelah diri
- e. hidup secara heterotrof

12. Di bawah ini yang bukan merupakan perkembangbiakan jamur secara aseksual adalah

- a. fragmentasi
- b. pembentukan konidia
- c. pertunasan
- d. pembentukan spora
- e. peleburan sel

13. Perbedaan yang paling menonjol antara Zygomycota dan Oomycota adalah

- a. pencernaan makanannya
- b. reproduksi aseksualnya
- c. reproduksi seksualnya

- d. struktur hifanya
- e. jawaban c dan d benar

14. Jamur yang bersifat makroskopik biasanya termasuk dalam divisi jamur

- a. Ascomycota
- b. Basidiomycota
- c. Deuteromycota
- d. Zygomycota
- e. Myxomicota

15. Di bawah ini yang bukan merupakan jamur dari divisi Basidiomycota adalah

- a. jamur beracun
- b. jamur tiram
- c. jamur tempe
- d. jamur kuping
- e. jamur pinisilin

16. Berikut ini yang bukan merupakan ciri-ciri jamur Basidiomycota adalah

- a. hifa bersekat melintang
- b. reproduksi seksual menghasilkan basidium
- c. reproduksi aseksual dengan konidia
- d. merupakan jamur makroskopik
- e. jamur ganoderma

17. Penyakit kaki atlet disebabkan oleh jamur dari divisi

- a. Deuteromycota
- b. Basidiomycota
- c. Ascomycota
- d. Zygomycota
- e. Phicomycota

18. *Aspergillus* dapat hidup secara

- a. bebas atau mandiri
- b. saprofit
- c. bersimbiosis
- d. parasit
- e. autotrof

19. Talus yang berbentuk seperti kerak adalah ciri lumut kerak yang bertipe

- a. foliosa
- b. fruktikosa
- c. krustosa
- d. variola
- e. fruktosa

20. Di bawah ini yang bukan merupakan manfaat lumut kerak bagi manusia adalah

- a. dibuat obat
- b. dibuat kertas lakmus
- c. penambah rasa atau aroma
- d. indikator pencemaran air
- e. tumbuhan yevinfis

Kunci Jawaban:

- | | | | |
|-----|------|-------|------|
| 1.A | 6.D | 11.A | 16.D |
| 2.E | 7.C | 12.D | 17.A |
| 3.C | 8.D | 13.E | 18.B |
| 4.D | 9.A | 14.B | 19.C |
| 5.A | 10.B | 15. C | 20.D |

Bab VI PROTOZOA

A. Gambaran Singkat Mengenai Materi Kuliah

Bab ini membahas tentang struktur protozoa baik dari segi anatomi maupun morfologinya, klasifikasi protozoa dan cara bereproduksi. Reproduksi protozoa juga terbagi atas dua macam, yaitu dapat secara vegetatif atau aseksual ataupun generatif atau secara seksual.. Protozoa sebenarnya tidak selamanya merugikan tetapi dapat juga menguntungkan baik dalam dunia hewan / peternakan dan juga bagi manusia.

B. Pedoman Mempelajari Materi

Pahami dengan jelas isi materi mengenai struktur tubuh protozoa, reproduksi protozoa, klasifikasi dan peranan protozoa. Selanjutnya kerjakan soal-soal latihan yang tercantum di bagian akhir dari bab ini.

C. Tujuan Pembelajaran

1. Mahasiswa mampu menjelaskan ciri-ciri protozoa.
2. Mahasiswa mampu menjelaskan anatomi dan morfologi protozoa dan membedakannya dengan mikroorganisme lain
3. Mahasiswa mampu menjelaskan cara hidup protozoa
4. Mahasiswa mampu menjelaskan peranan protozoa dalam dunia peternakan baik yang merugikan maupun yang menguntungkan

D. Materi Kuliah:

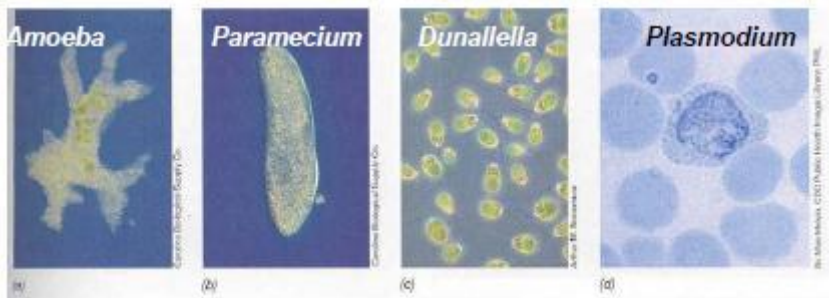
Istilah protozoa diambil dari bahasa Yunani. Terdiri atas 2 kata yaitu *protos* yang artinya pertama dan *zoon* yang artinya hewan. Gabungan kedua kata ini membentuk kata protozoa, artinya hewan yang pertama. Menurut klasifikasi Robert H Whittaker, protozoa masuk dalam **kingdom protista**, yakni organisme eukariotik bersel tunggal (Barazandeh, 2008).

Protozoa merupakan protista uniseluler yang bergerak dan mendapatkan makanan seperti hewan. Protozoa hidup di air tawar, laut, tanah, bahkan didalam tubuh makhluk hidup lain. Sebagian besar hidup bebas, sedangkan lainnya adalah parasit. Dalam ekosistem perairan, protozoa hidup bebas sebagai zooplankton, maupun sebagai zoobentos. Protozoa parasit sering mengakibatkan penyakit serius pada manusia, misalnya malaria, disentri, dan giardiasis. Berdasarkan alat geraknya, Protozoa dibedakan menjadi empat filum, yaitu Rhizopoda, Mastigophora, Ciliata, dan Sporozoa (Pelczar, 1988).

Protozoa merupakan organisme yang unik, dibedakan dari prokariot karena ukurannya yang lebih besar, dan selnya eukariotik. Protozoa dibedakan dari algae karena tidak berklorofil, dibedakan dari jamur karena dapat bergerak aktif dan tidak berdinding sel, serta dibedakan dari jamur lendir karena tidak dapat membentuk badan buah (Prescott et al., 2008).

Protozoa hidup bebas pada tempat lembap atau berair, namun ada juga protozoa yang hidup parasit di tubuh organisme lain. Organisme ini bernafas dengan cara difusi. Protozoa juga dapat membentuk kista agar dapat hidup lebih lama pada situasi tidak menguntungkan. Setelah keadaan membaik, kista akan pecah dan protozoa aktif lagi (Dwijoseputro, 1989).

6.1. Anatomi dan Morfologi Protozoa



Gambar 33. Berbagai protozoa (Brock Biology of microorganisms, 2006)

Tubuh protozoa amat sederhana, yaitu terdiri dari satu sel tunggal (unisel). Namun demikian, Protozoa merupakan system yang serba bisa. Semua tugas tubuh dapat dilakukan oleh satu sel saja tanpa mengalami tumpang tindih. Ukuran tubuhnya antaran 3-1000 mikron. Bentuk tubuh macam-macam ada yang seperti bola, bulat memanjang, atau seperti sandal bahkan ada yang bentuknya tidak menentu. Juga ada memiliki fligel atau bersilia (Waluyo, 2004)..

Ciri-ciri protozoa antara lain :

1. Ektoplasma (bagian luar). Dapat menghasilkan dinding sel berupa pedicula (selaput sel) atau test (cangkang yang keras).
2. Endoplasma (bagian dalam). Tempat organela-organela sel.
3. Vakuola makanan (vakuola non kontraktıl), yaitu rongga yang berisi cairan yang mengelilingi makanan
4. Vakuola kontraktıl (vakuola berdenyut), yaitu organela yang berfungsi mengeluarkan sisa-sisa metabolisme dan mengatur tekanan (osmoregulator). Semua protozoa mempunyai vakuola kontraktıl.

Vakuola dapat berperan sebagai pompa untuk mengeluarkan kelebihan air dari sel, atau untuk mengatur tekanan osmosis. Jumlah dan letak vakuola kontraktil berbeda pada setiap spesies.

5. Pada umumnya protozoa memiliki satu eukarion (inti sejati) kecuali paramecium yang memiliki 2 inti.

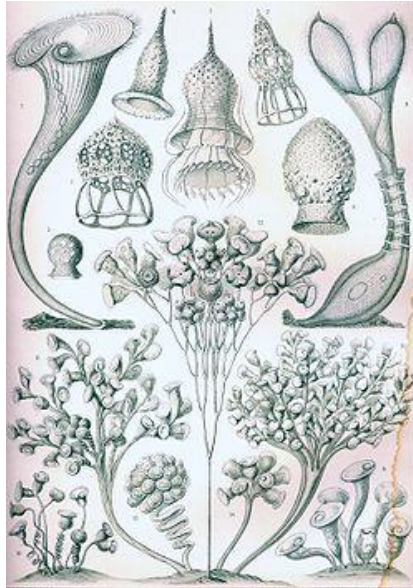
Seperti halnya sel makhluk hidup lain, sel protozoa terdiri dari protoplasma yang dibungkus membran sel (plasmolemma) yang berfungsi sebagai “dinding sel”. Protoplasma terdiri dari dua komponen utama yaitu inti sel (nukleus) dan isi sel atau sitoplasma. Dengan menggunakan mikroskop akan terlihat bahwa sitoplasma terdiri atas dua bagian. Bagian terluar tampak homogen dan jernih (hyalin) disebut ektoplasma, dan bagian dalam disebut endoplasma. Dalam endoplasma terlihat benda-benda seperti butir-butir kecil dan serabut benang halus yang ternyata adalah materi mengandung protein, karbohidrat, lemak, garam mineral, serta organel. Protozoa tidak memiliki organ sejati seperti alat pencernaan dan alat reproduksi sebagaimana layaknya metazoa. Akan tetapi mampu melakukan semua kegiatan biologis seperti bergerak, makan, bernapas, dan reproduksi. Proses-proses tersebut dilakukan oleh bagian di dalam sel, yang disebut vakuola kontraktil (Sugiarji, 2005: 26).

Protozoa dapat berada dalam bentuk vegetatif (trophozoite), atau bentuk istirahat yang disebut kista. Protozoa pada keadaan yang tidak menguntungkan dapat membentuk kista untuk mempertahankan hidupnya. Saat kista berada pada keadaan yang menguntungkan, maka akan berkecambah menjadi sel vegetatifnya. Protozoa tidak mempunyai dinding sel, dan tidak mengandung selulosa atau kitin seperti pada jamur dan algae (Dwijoseputro, 1989).

Kebanyakan protozoa mempunyai bentuk spesifik, yang ditandai dengan fleksibilitas ektoplasma yang ada dalam membran sel. Beberapa jenis protozoa seperti Foraminifera mempunyai kerangka luar sangat keras yang tersusun dari Si dan Ca. Kerangka luar yang keras ini sering ditemukan dalam bentuk fosil. Kerangka luar Foraminifera tersusun dari CaO_2 sehingga koloninya dalam waktu jutaan tahun dapat membentuk batuan kapur (Dwijoseputro, 1989).

Mulai tahun 1980, oleh Committee on Systematics and Evolution of the Society of Protozoologist, mengklasifikasikan protozoa menjadi 7 kelas baru, yaitu Sarcomastigophora, Ciliophora, Acetosporea, Apicomplexa, Microspora, Myxosporea, dan Labyrinthomorpha. Pada klasifikasi yang baru ini, Sarcodina dan Mastigophora digabung menjadi satu kelompok Sarcomastigophora, dan Sporozoa karena anggotanya sangat beragam, maka dipecah menjadi lima kelas. Contoh protozoa yang termasuk

Sarcomastigophora adalah genera *Monosiga*, *Bodo*, *Leishmania*, *Trypanosoma*, *Giardia*, *Opalina*, *Amoeba*, *Entamoeba*, dan *Diffugia*. Anggota kelompok Ciliophora antara lain genera *Didinium*, *Tetrahymena*, *Paramecium*, dan *Stentor*. Contoh protozoa kelompok Acetospora adalah genera *Paramyxa*. Apicomplexa beranggotakan genera *Eimeria*, *Toxoplasma*, *Babesia*, *Theileria*. Genera *Metchnikovella* termasuk kelompok Microspora. Genera *Myxidium* dan *Kudoa* adalah contoh anggota kelompok Myxospora (Singleton dan Sainsbury. 2006).



Gambar 34. Ciliata (www.google.co.id)

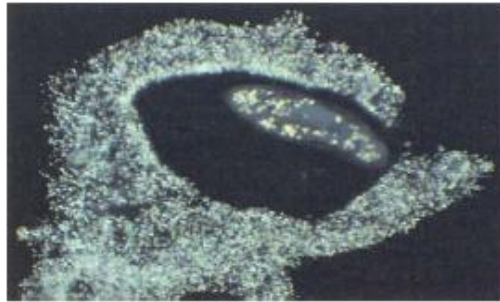
6.2. Klasifikasi Protozoa

Berdasarkan alat geraknya, Protozoa dibedakan menjadi empat filum, yaitu Rhizopoda, Mastigophora, Ciliata, dan Sporozoa (Prescott et al., 2008):

1. Rhizopoda

Rhizopoda (Sarcodina) termasuk hewan bersel satu dengan ciri-ciri, antara lain memiliki alat gerak berupa kaki semu (pseudopodia), hidup bebas, ada yang parasit, dan bentuk tubuh tidak tetap. Ada beberapa macam kaki semu, yaitu lobidia (dengan ujung tumpul), filofidia (halus dan ujung meruncing), dan aksopodia (teratur dari satu titik pusat).

Contoh Rhizopoda, antara lain *Amoeba proteus*, hidup bebas dalam perairan tawar yang kaya bahan organik; *Entamoeba histolytica*, penyebab disentri amoeba (amoebiasis), hidupnya dalam usus halus manusia dan merusak jaringan darah atau getah bening; *Entamoeba gingivalis*, dapat merusak gigi; *Entamoeba coli*, dapat membantu membusukkan makanan dan membentuk vitamin k; *Arcella sp*, hidup di air tawar, memiliki kerangka dari zat kitin; *Diffugia sp*, hidup di air tawar, tubuhnya di tempeli pasir; *Foraminifera sp*, hidup di laut sebagai indikator adanya minyak bumi; dan *Radiolaria sp*, hidup di laut sebagai bahan penggosok (Anonim, 2011).



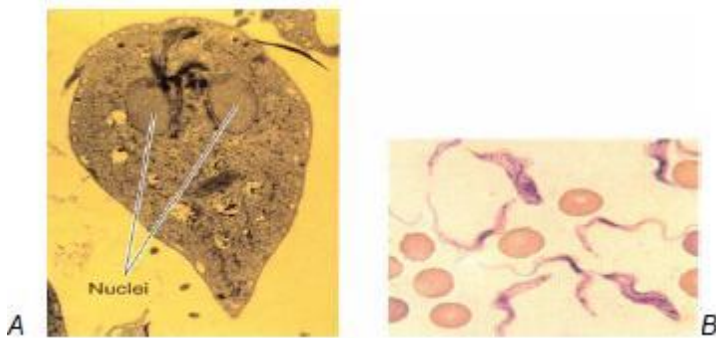
Gambar 35. Rhizopoda (www.google.co.id)

2. Mastigophora

Ciri-ciri Mastigophora (Flagellata), yaitu mempunyai flagel (bulu cambuk) sebagai alat gerak. Beberapa Mastigophora hidup sebagai parasit atau hidup bebas di habitat air laut dan air tawar. Permukaan tubuhnya dilapisi oleh kutikula sehingga bentuknya tetap. Mastigophora memiliki dua macam protoplasma, yaitu, ektoplasma (lapisan luar) yang memadat dan lapisan dalam berupa endoplasma yang berwujud agak encer. Mastigophora atau Flagellata terdiri atas Phytoflagellata dan Zooflagellata (Prescott et al., 2008).

Volvox sp (Chlorophyta, phytoflagellata), hidup berkoloni, berbentuk seperti bola dan dilapisi oleh lapisan lendir. *Noctiluca miliaris* (Dinophyta, zooflagellata), dapat menghasilkan biolumines sehingga pada malam hari apabila terjadi blooming spesies ini, air laut akan tampak bercahaya. Zooflagellata bersifat heterotrof dan sebagian besar hidup sebagai parasit. *Trypanosoma gambiense* merupakan salah satu contoh zooflagellata yang menyebabkan penyakit tidur Afrika. Contoh flagellata lainnya adalah *Leishmania tropica* yang menyebabkan penyakit Leishmaniasis kulit di negara-negara Asia. *Trypanosoma gambiense* merupakan salah satu contoh zooflagellata yang menyebabkan penyakit tidur Afrika. Contoh flagellata lainnya adalah

Leishmania tropica yang menyebabkan penyakit Leishmaniasis kulit di negara-negara Asia (Waluyo, 2004).



Gambar 36. Flagelata: Giardia (a) dan Trypanosoma dalam sel darah (b). (Brock Biology of microorganisms tahun 2006)

3. Ciliata

Ciliata (Infusoria) mempunyai alat gerak berupa silia, (bulu getar). Protozoa ini hidup bebas atau parasit. Bentuk tubuhnya tetap. Cara reproduksinya adalah aseksual dan seksual. Reproduksi aseksual dilakukan dengan cara membelah diri dan reproduksi seksual dilakukan dengan cara konjugasi. Contoh Ciliata, antara lain: *Paramecium caudatum* (hewan sandal), memiliki cara reproduksi unik; *Balantidium coli*, hidup pada usus besar manusia, penyebab diare berdarah; *Stentor* sp dengan bentuk tubuh seperti terompet; *Vorticella* sp dengan bentuk tubuh seperti lonceng; *Didinium* sp sebagai predator di air tawar; dan *Stylomychia* koloninya berbentuk seperti cakar (Anonim, 2011).

Perkembangbiakan *Paramecium caudatum* secara konjugasi adalah sebagai berikut.

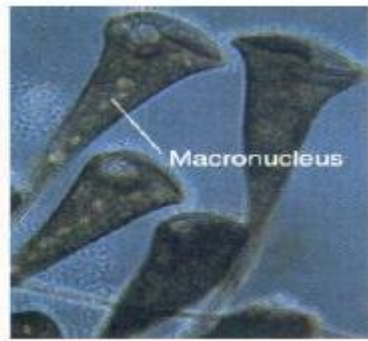
- a . Dua *Paramecium* bersatu melalui lekukan mulut.
- b. Masing-masing mikronukleus mengalami meiosis menghasilkan makronukleus haploid.
- c. Tiga mikronukleus berdegenerasi.
- d. Mikronukleus yang tersisa membelah menjadi dua, tetapi tidak sama besar; mikronukleus yang lebih kecil dipertukarkan.
- e. Dua mikronukleus pada masing-masing *Paramecium* membelah menjadi satu.

f. Kedua *Paramecium* memisahkan diri

g. Mikronukleus yang melebur membelah secara mitosis sebanyak tiga kali menghasilkan delapan mikronukleus identik.

h. Mikronukleus menghasilkan degenerasi. Empat mikronukleus lainnya tetap sebagai mikronukleus. Tiga mikronukleus berdegenerasi, dan hanya satu mikronukleus yang tinggal.

i. *Paramecium* membelah sebanyak dua kali untuk mendapatkan *paramecium* anak.



Gambar 37. Siliata: *Paramecium* (kiri) dan *Stentor* (kanan) (Brock Biology of microorganisms tahun 2006)

4. Sporozoa

Sporozoa tidak mempunyai alat gerak. Sporozoa hidup sebagai parasit dan menghasilkan spora (endospora) dalam daur hidupnya. Cara reproduksi sporozoa adalah dengan cara aseksual dan seksual. aseksual dilakukan dengan pembelahan biner dan skizogoni, sedangkan cara seksual dilakukan dengan sporogoni (Prescott et al., 2008).

Contoh anggota Sporozoa adalah *Plasmodium* yang merupakan penyebab malaria pada manusia. Terdapat empat jenis *Plasmodium* yang masing-masing yang menyebabkan tipe penyakit malaria yang berbeda. Keempat jenis *Plasmodium* tersebut adalah *Plasmodium falciparum*, penyebab malaria tropikana dengan masa sporulasi tidak tentu; *Plasmodium vivax*, penyebab malaria tertina dengan masa sporulasi 48 jam; *Plasmodium malariae*, penyebab malaria kuartana dengan masa sporulasi 72 jam; dan *Plasmodium ovale*, penyebab malaria yang memiliki masa sporulasi hampir sama dengan malaria tertina (Waluyo, 2004).

Reproduksi secara aseksual yang terjadi dalam eritrosit manusia disebut skizogoni dan secara seksual yang terjadi dalam lubang atau dinding usus nyamuk *Anopheles*, disebut sporogoni. Selain itu, juga terjadi peristiwa yang disebut sporulasi, yaitu fase dimana terjadi pecahnya sel darah merah karena terinfeksi oleh *Plasmodium*. Keluarnya merozoit-merozoit baru dari eritrosit yang pecah menyebabkan suhu tubuh penderita malaria naik (Waluyo, 2004).

6.3. Reproduksi Protozoa

Prescott et al. (2008) menyatakan bahwa, perkembangbiakan protozoa dapat dengan cara seksual (generatif) dan aseksual (vegetatif). Pembelahan **seksual** protozoa dapat dilakukan dengan 2 cara :

1. Singami yaitu persatuan dua gamet yang sama atau berbeda ukuran
2. Konjugasi yaitu pertukaran inti (mkrinukleus setelah terjadi pembelahan) sehingga terjadi reorganisasi pada kedua individu yang bertukar inti.

Sedangkan perkembangbiakan **aseksual** protozoa dapat berupa :

1. Pembelahan biner (pembelahan mitosis dan spora)

Yaitu protozoa membelah menjadi 2 individu. Pembelahan ini diawali dengan pembelahan inti dan diikuti pembelahan sitoplasma, kemudian menghasilkan 2 sel baru. Pembelahan biner terjadi pada *Amoeba*, *Paramecium. sp*, dan *Euglena. sp*. *Paramecium* membelah secara membujur/ memanjang setelah terlebih dahulu melakukan konjugasi. *Euglena* membelah secara membujur /memanjang (longitudinal). Spora, Perkembangbiakan aseksual pada kelas Sporozoa (Apicomplexa) dengan membentuk spora melalui proses sporulasi di dalam tubuh nyamuk *Anopheles*. Spora yang dihasilkan disebut sporozoid.

2. Pembelahan multipel

Yaitu pembelahan dengan cara beberapa inti terbelah lebih dahulu, kemudian terjadi pembelahan sitoplasma menjadi beberapa individu.

3. Schizogoni

Yaitu pembelahan dimana beberapa sel anak dibentuk dari sel induk

4. Budding atau Tunas, bagian tubuh induk terpotong kemudian berdifferentiasi menjadi individu sempurna.

6.4. Cara Memperoleh Makanan

Cara makan protozoa ada 3 macam; yaitu autotrof, heterotrof, dan amfitrof. Autotrof artinya dapat mensintesis makanan sendiri seperti layaknya tumbuh-tumbuhan dengan jalan fotosintesis.

Protozoa yang tidak dapat melakukan fotosintesis, mendapatkan makanannya dengan jalan menelan benda padat, atau memakan organisme lain seperti bakteri, jamur atau protozoa lain bersifat heterotrof. Protozoa yang bersifat autotrof dan heterotrof disebut amfitrof (Sugiarto, 2005).

Protozoa yang bersifat heterotrof dan dinding selnya terdiri dari suatu membran tipis, mengambil makanannya dengan cara membungkus makanan kemudian menelannya ke dalam sitoplasma. Cara ini disebut fagositosis. Pada jenis yang berdinding tebal (petikula), cara mengambil mangsanya dengan menggunakan mulut sel yang disebut cytostome, dan biasanya dilengkapi cilia untuk mengalirkan air hingga bila ada makanan yang lewat dapat ditangkap dan dimasukkan ke dalam sitoplasma (Dwijoseputro, 1989).

Protozoa memiliki beberapa cara makan yang berbeda-beda. Cara makan protozoa dapat dibedakan atas :

1. Bersifat parasit, menyerang makanan berupa cairan tubuh inangnya melalui permukaan tubuhnya.
2. Holozoik, Protozoa yang memakan organisme lain yang lebih kecil seperti bakteri, alga, atau protozoa lain.
3. Holofitik, Protozoa yang memiliki kloroplast dan mampu berfotosintesis seperti tumbuhan hijau.
4. Saprofitik, protozoa yang memakan bahan organik dari sisa-sisa tumbuhan atau hewan

Protozoa umumnya bersifat aerobik nonfotosintetik, tetapi beberapa protozoa dapat hidup pada lingkungan anaerobik misalnya pada saluran pencernaan manusia atau hewan ruminansia. Protozoa aerobik mempunyai mitokondria yang mengandung enzim untuk metabolisme aerobik, dan untuk menghasilkan ATP melalui proses transfer elektron dan atom hidrogen ke oksigen. Protozoa umumnya mendapatkan makanan dengan memangsa organisme lain (bakteri) atau partikel organik, baik secara fagositosis maupun pinositosis (Waluyo, 2004).

Sebagai predator, mereka memangsa uniseluler atau berserabut ganggang, bakteri, dan microfungi. Protozoa memainkan peran baik sebagai herbivora dan konsumen di decomposer link dari rantai makanan. Protozoa juga memainkan peranan penting dalam mengendalikan populasi bakteri dan biomas. Protozoa dapat menyerap makanan melalui membran sel mereka, beberapa, misalnya amoebas, mengelilingi dan menelan makanan itu, dan yang lain lagi memiliki bukaan atau "mulut pori-pori" ke mana mereka menyapu makanan.

Semua protozoa yang mencerna makanan di perut mereka seperti kompartemen disebut vakuola (Dwijoseputro, 1989).

Protozoa yang hidup di lingkungan air, maka oksideng dan air maupun molekul-molekul kecil dapat berdifusi melalui membran sel. Senyawa makromolekul yang tidak dapat berdifusi melalui membran, dapat masuk sel secara pinositosis. Tetesan cairan masuk melalui saluran pada membran sel, saat saluran penuh kemudian masuk ke dalam membrane yang berikatan dengan vakuola. Vakuola kecil terbentuk, kemudian dibawa ke bagian dalam sel, selanjutnya molekul dalam vakuola dipindahkan ke sitoplasma (Waluyo, 2004).

Partikel makanan yang lebih besar dimakan secara fagositosis oleh sel yang bersifat amoeboid dan anggota lain dari kelompok Sarcodina. Partikel dikelilingi oleh bagian membran sel yang fleksibel untuk ditangkap kemudian dimasukkan ke dalam sel oleh vakuola besar (vakuola makanan). Ukuran vakuola mengecil kemudian mengalami pengasaman. Lisosom memberikan enzim ke dalam vakuola makanan tersebut untuk mencernakan makanan, kemudian vakuola membesar kembali. Hasil pencernaan makanan didispersikan ke dalam sitoplasma secara pinositosis, dan sisa yang tidak tercerna dikeluarkan dari sel. Cara inilah yang digunakan protozoa untuk memangsa bakteri. Pada kelompok Ciliata, ada organ mirip mulut di permukaan sel yang disebut sitosom. Sitosom dapat digunakan menangkap makanan dengan dibantu silia. Setelah makanan masuk ke dalam vakuola makanan kemudian dicernakan, sisanya dikeluarkan dari sel melalui sitopig yang terletak disamping sitosom (Singleton dan Sainsbury. 2006).

Makanan yang masuk ke dalam sitoplasma bersama air akan ditempatkan dalam suatu rongga kecil yang disebut gastriola (vakuola makanan). Makanan di dalam gastriola dicerna secara enzimatik. Hasil pencernaan disebarkan ke seluruh bagian protoplasma dengan proses dengan proses pynocytose, sedangkan sisa pencernaan dibuang melalui lubang sementara pada membrane sel; pada flagelata dan ciliata adakalanya terdapat lubang permanen yang disebut cytopyege atau cytoproct. Kelebihan air dalam sel akan dikeluarkan oleh organel yang disebut vakuola kontraktil dengan gerakan sistol dan diastolnya. Dalam suatu sel protozoa biasanya ditemukan beberapa vakuola kontraktil yang terdapat dekat dinding sel. Vakuola kontraktil pada protozoa yang hidup di air tawar berkembang dengan baik, sedangkan yang di laut kurang berkembang (Waluyo, 2004).

6.5.Habitat

Protozoa hidup di air atau setidaknya di tempat yang basah. Mereka umumnya hidup bebas dan terdapat di lautan, lingkungan air

tawar, atau daratan. Beberapa spesies bersifat parasitik, hidup pada organisme inang. Inang protozoa yang bersifat parasit dapat berupa organisme sederhana seperti algae, sampai vertebrata yang kompleks, termasuk manusia. Beberapa spesies dapat tumbuh di dalam tanah atau pada permukaan tumbuh-tumbuhan (Waluyo, 2004).

Semua protozoa memerlukan kelembaban yang tinggi pada habitat apapun. Beberapa jenis protozoa laut merupakan bagian dari zooplankton. Protozoa laut yang lain hidup di dasar laut. Spesies yang hidup di air tawar dapat berada di danau, sungai, kolam, atau genangan air. Ada pula protozoa yang tidak bersifat parasit yang hidup di dalam usus termit atau di dalam rumen hewan ruminansia. Beberapa protozoa berbahaya bagi manusia karena mereka dapat menyebabkan penyakit serius. Protozoa yang lain membantu karena mereka memakan bakteri berbahaya dan menjadi makanan untuk ikan dan hewan lainnya (Dwijoseputro, 1989).

Protozoa hidup secara soliter atau bentuk koloni. Didalam ekosistem air protozoa merupakan zooplankton. Permukaan tubuh Protozoa dibatasi oleh membransel yang tipis, elastis, permeable, yang tersusun dari bahan lipoprotein, sehingga bentuknya mudah berubah-ubah. Beberapa jenis protozoa memiliki rangka luar (cangkang) dari zat kersik dan kapur. Apabila kondisi lingkungan tempat tinggal tiba-tiba menjadi jelek, Protozoa membentuk kista. Dan menjadi aktif lagi. Organel yang terdapat di dalam sel antara lain nucleus, badan golgi, mikrokondria, plastida, dan vakuola. Nutrisi protozoa bermacam-macam. Ada yang holozoik (heterotrof), yaitu makanannya berupa organisme lainnya,. Ada pula yang holofilik (autotrof), yaitu dapat mensintesis makanannya sendiri dari zat organik dengan bantuan klorofil dan cahaya. Selain itu ada yang bersifat saprofitik, yaitu menggunakan sisa bahan organik dari organisme yang telah mati adapula yang bersifat parasitik. Apabila protozoa dibandingkan dengan tumbuhan unisel, terdapat banyak perbedaan tetapi ada persamaannya. Hal ini mungkin protozoa merupakan bentuk peralihan dari bentuk sel tumbuhan ke bentuk sel hewan dalam perjalanan evolusinya (Prescott et al., 2008).

Beberapa protozoa memiliki tahap kehidupan bolak-balik antara tahap proliferasi (misalnya trophozoites) dan kista aktif. Seperti kista, protozoa dapat bertahan hidup kondisi yang sulit, seperti terpapar ke suhu yang ekstrem dan bahan kimia berbahaya, atau waktu lama tanpa akses terhadap nutrisi, air, atau oksigen untuk jangka waktu tertentu. Menjadi spesies parasit kista memungkinkan untuk bertahan hidup di luar tuan rumah, dan memungkinkan mereka transmisi dari satu host ke yang lain. Proses dimana protozoa yang mengambil

bentuk kista disebut encystation, sedangkan proses mentransformasikan kembali ke trophozoite disebut excystation.

6.6. Peranan Protozoa

Peran protozoa dalam kehidupan seperti dua sisi mata uang, dapat memberikan manfaat, walaupun umumnya menimbulkan kerugian pada manusia, hewan, dan tumbuhan.

- Protozoa yang menguntungkan

a. Protozoa yang hidup bebas di air tawar sebagai plankton, misalnya *Euglena viridis*, merupakan indikator polusi air sungai.

b. Cangkang Radiolaria dan Foraminifera, digunakan sebagai indikator adanya minyak bumi.

- Protozoa yang merugikan

Pada manusia Protozoa yang merugikan manusia, antara lain sebagai berikut:

a. *Trypanosoma gambiense*, menyebabkan penyakit tidur de daerah Afrika Tengah dan ditularkan oleh lalat tse tse jenis *Glossina palpalis*.

b. *Trypanosoma rhodesiense*, menyebabkan penyakit tidur di daerah Afrika Timur dan ditularkan oleh lalat tse tse jenis *Glossina morsitans*. *Trypanosoma rhodesiense* lebih berbahaya karena penderita dapat meninggal dalam waktu yang singkat.

c. *Trypanosoma cruzi*, menyebabkan penyakit chagas yang menyerang kelenjar limfa, hati, dan sumsum tulang.

d. *Trypanosoma brucei*, menyebabkan penyakit nagano di Afrika.

e. *Plasmodium sp.*, menyebabkan penyakit malaria.

f. *Balantidium coli*, menyebabkan disentri balantidium yang menyerang selaput lendir usus besar.

g. *Entamoeba gingivalis*, menyebabkan bau mulut.

h. *Leishmania donovani* menyebabkan penyakit kalaazar yang menyerang limpa, hati, dan kelenjar limfa.

- Pada hewan Protozoa yang merugikan hewan, antara lain sebagai berikut :

a. *Trichomonas foetus* menyebabkan keguguran pada kambing.

b. *Trypanosoma evansi* menyebabkan penyakit surra pada kuda, unta, dan sapi. Penyakit tersebut dutularkan nyamuk kandang (*Stomoxys sp.*).

c. *Trypanosoma equiperdum* menyebabkan penyakit pada kuda dan keledai.

d. *Trypanosoma vivax* menyebabkan penyakit pada kuda.

Latihan

1. Jelaskan yang kamu ketahui tentang karakteristik protozoa!
2. Gambarkan struktur tubuh (anatomi) protozoa!
3. Protozoa diklasifikasikan berdasarkan alat geraknya. Jelaskan!
4. Dimana saja protozoa bisa ditemukan?
5. Apa saja yang dapat anda jelaskan dari peranan protozoa?

Rangkuman

Protozoa merupakan sistem yang serba bisa. Semua tugas tubuh dapat dilakukan oleh satu sel saja tanpa mengalami tumpang tindih. Ukuran tubuhnya antara 3-1000 mikron. Bentuk tubuh macam-macam ada yang seperti bola, bulat memanjang, atau seperti sandal bahkan ada yang bentuknya tidak menentu. Juga ada memiliki flagel atau bersilia.

Sel protozoa terdiri dari protoplasma yang dibungkus membran sel (plasmolemma) yang berfungsi sebagai “dinding sel”. Protoplasma terdiri dari dua komponen utama yaitu inti sel (nukleus) dan isi sel atau sitoplasma. Dengan menggunakan mikroskop akan terlihat bahwa sitoplasma terdiri atas dua bagian. Bagian terluar tampak homogen dan jernih (hyalin) disebut ektoplasma, dan bagian dalam disebut endoplasma. Dalam endoplasma terlihat benda-benda seperti butir-butir kecil dan serabut benang halus yang ternyata adalah materi mengandung protein, karbohidrat, lemak, garam mineral, serta organel. Protozoa tidak memiliki organ sejati seperti alat pencernaan dan alat reproduksi sebagaimana layaknya metazoa. Akan tetapi mampu melakukan semua kegiatan biologis seperti bergerak, makan, bernapas, dan reproduksi. Proses-proses tersebut dilakukan oleh bagian di dalam sel, yang disebut vakuola kontraktil.

Berdasarkan alat geraknya, Protozoa dibedakan menjadi empat filum, yaitu Rhizopoda, Mastigophora, Ciliata, dan Sporozoa. Protozoa hidup di air atau setidaknya di tempat yang basah. Mereka umumnya hidup bebas dan terdapat di lautan, lingkungan air tawar, atau daratan. Beberapa spesies bersifat parasitik, hidup pada organisme inang. Umumnya protozoa bersifat merugikan.

Tes Formatif

1. Mengapa dikatakan bahwa protozoa merupakan organisme yang unik?
2. Apa pula yang dimaksud “sistem yang serba bisa” dari protozoa?
3. Bagaimana protozoa berkembang biak?
4. Jelaskan cara protozoa memperoleh makanan!
5. Berdasarkan cara makannya, protozoa dibedakan atas berapa macam. Sebutkan!

BAB VII

PENGHITUNGAN JUMLAH MIKROBA

A. Gambaran Singkat Mengenai Materi Kuliah

Bab ini membahas tentang faktor –faktor yang dapat mempengaruhi pertumbuhan mikroba, beberapa cara pendeteksian mikroba dan penentuan jumlah mikroba. Mikroba dalam hal ini bakteri dapat ditentukan jumlahnya melalui beberapa cara, yaitu: cara penghitungan pada lempeng pembiakan, cara menghitung langsung, metode ukur kekeruhan, metode turbidimetri dan nefelometri, dan metode Most Probable Number.

B. Pedoman Mempelajari Materi

Pahami dengan jelas isi materi mengenai faktor –faktor yang dapat mempengaruhi pertumbuhan mikroba, beberapa cara pendeteksian mikroba dan penentuan jumlah mikroba. Selanjutnya kerjakan soal-soal latihan yang tercantum di bagian akhir dari bab ini.

C. Tujuan Pembelajaran

1. Mahasiswa mampu menjelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme.
2. Mahasiswa mampu menguraikan teknik pendeteksian mikroorganisme
3. Mahasiswa mampu menjelaskan cara penghitungan jumlah mikroba.

D. Materi Kuliah:

7.1. Faktor–Faktor Yang Mempengaruhi Pertumbuhan Mikroba

Kemampuan mikroorganisme untuk tumbuh dan tetap hidup merupakan suatu hal yang penting untuk diketahui. Pengetahuan tentang faktor–faktor yang mempengaruhi pertumbuhan mikroba sangat penting di dalam mengendalikan mikroba. Menurut Sherrington dan Gaman (1981), faktor–faktor penting yang mempengaruhi pertumbuhan mikroba adalah :

A. Suplai Nutrisi

Mikroba sama dengan makhluk hidup lainnya, memerlukan suplai nutrisi sebagai sumber energi dan pertumbuhan selnya. Unsur-unsur dasar tersebut adalah karbon, nitrogen, hidrogen, oksigen, sulfur, fosfor, zat besi, dan sejumlah kecil logam lainnya. Ketiadaan atau kekurangan sumber-sumber nutrisi ini dapat mempengaruhi

pertumbuhan mikroba hingga pada akhirnya dapat menyebabkan kematian.

Kondisi tidak bersih dan higienis pada lingkungan adalah kondisi yang menyediakan sumber nutrisi bagi pertumbuhan mikroba sehingga mikroba dapat tumbuh berkembang di lingkungan seperti ini. Oleh karena itu, prinsip daripada menciptakan lingkungan bersih dan higienis adalah untuk mengeliminasi dan meminimalisir sumber nutrisi bagi mikroba agar pertumbuhannya terkendali.

B. Suhu

Suhu merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme. Suhu dapat mempengaruhi mikroba dalam dua cara yang berlawanan, yaitu apabila suhu naik maka kecepatan metabolisme naik dan pertumbuhan dipercepat. Sebaliknya apabila suhu turun, maka kecepatan metabolisme akan menurun dan pertumbuhan diperlambat. Selain itu, apabila suhu naik atau turun secara drastis, tingkat pertumbuhan akan terhenti, komponen sel menjadi tidak aktif dan rusak, sehingga sel-sel menjadi mati.

Berdasarkan hal di atas, maka suhu yang berkaitan dengan pertumbuhan mikroorganisme digolongkan menjadi tiga, yaitu :

- a. Suhu minimum yaitu suhu yang apabila berada di bawahnya maka pertumbuhan terhenti.
- b. Suhu optimum yaitu suhu dimana pertumbuhan berlangsung paling cepat dan optimum (disebut juga suhu inkubasi).
- c. Suhu maksimum yaitu suhu yang apabila berada di atasnya maka pertumbuhan tidak terjadi.

Sehubungan dengan penggolongan suhu di atas, maka mikroba digolongkan menjadi :

Tabel 5. Penggolongan Mikroorganisme Menurut Suhu

Golongan Mikroorganisme	Suhu Pertumbuhan (°C)	
	Kisaran	Optimum
Psikrofilik	-5 – (+) 20	(+) 10 – (+) 15
Psikrotrofik	- 5 – (+) 30	(+) 20
Mesofilik	(+) 20 – (+) 50	(+) 40
Termofilik	(+) 40 – (+) 65	(+) 45

Sumber: Sanjaya et al. (2008)

Berdasarkan ketahanan panas, mikroba dikelompokkan menjadi tiga macam, yaitu :

- a. Peka terhadap panas, apabila semua sel rusak apabila dipanaskan pada suhu 60°C selama 10-20 menit.
- b. Tahan terhadap panas, apabila dibutuhkan suhu 100°C selama 10 menit untuk mematikan sel.
- c. Thermodurik, dimana dibutuhkan suhu lebih dari 60°C selama 10-20 menit tapi kurang dari 100°C selama 10 menit untuk mematikan sel.

C. Keasaman atau Kebasaan (pH)

Setiap organisme memiliki kisaran pH masing-masing dan memiliki pH optimum yang berbeda-beda. Kebanyakan mikroorganisme dapat tumbuh pada kisaran pH 6,6 dan 7,5 (netral). Tidak ada bakteri yang dapat tumbuh pada pH di bawah 3,5.

D. Ketersediaan Oksigen

Mikroorganisme memiliki karakteristik sendiri-sendiri di dalam kebutuhannya akan oksigen. Mikroorganisme dalam hal ini digolongkan menjadi aerobik, anaerob, anaerob fakultatif, dan mikroaerofilik. Aerobik adalah mikroorganisme yang hanya dapat tumbuh apabila ada oksigen bebas. Anaerob adalah mikroorganisme yang hanya dapat tumbuh apabila tidak ada oksigen bebas.

Anaerob fakultatif merupakan mikroorganisme yang dapat tumbuh baik dengan atau tanpa oksigen bebas sedangkan mikroaerofilik adalah mikroorganisme yang dapat tumbuh apabila ada oksigen dalam jumlah kecil.

Selain faktor-faktor di atas, Irianto (2002) menambahkan beberapa faktor lain:

E. Bahan Bentuk Gas

Jenis dan konsentrasi gas dalam lingkungan sangat mempengaruhi pertumbuhan mikroba. Selain dari oksigen, karbondioksida yang sangat penting untuk nutrisi bakteri, nitrogen dan amonia esensial untuk siklus nitrogen dan H₂S dalam siklus sulfur. Selain gas-gas yang diperlukan mikroorganisme untuk pertumbuhannya, gas-gas lain dapat berfungsi sebagai toksik yang dapat mematikan mikroba, antara lain yang dipakai sebagai bahan desinfeksi misalnya formalin dan etilenoksida.

F. Tekanan Osmosis

Tekanan osmosis yang seimbang (isotonik) antara lingkungan dan isi sel sangat diperlukan untuk mempertahankan kehidupan sel. Apabila cairan disekitar sel tekanan osmosisnya lebih rendah disebut hipotonik sebaliknya jika lebih tinggi disebut hipertonik.

Aksi larutan yang sangat hipertonik dapat disamakan dengan pengeringan, yang mengeluarkan air seluruhnya dari dalam sel, atau dapat disamakan dengan pembekuan (freezing) sehingga air dalam sel immobil. Karena dinding sel yang relatif kuat dan membran sitoplasma yang tipis, sehingga banyak bakteri yang tidak begitu sensitif terhadap perubahan keseimbangan osmosis pada konsentrasi antara 0,5 – 3%. Selain itu, konsentrasi garam yang lebih tinggi akan merugikan galur-galur yang lebih sensitif, kecuali pada bakteri laut.

G. Pengeringan

Beberapa produk asal hewan yang diawetkan dengan jalan pengeringan, mengandung banyak mikroorganisme hidup yang berada dalam keadaan dormant (non aktif). Mikroba ini akan segera tumbuh dan merusak bahan tersebut jika berada dalam suasana lembab. Jenis bakteri patogen yang tidak kuat akan cepat mati dengan proses pengeringan ini.

H. Keadaan Ekstrem Dingin

Terdapat banyak mikroorganisme yang sangat tahan terhadap keadaan ekstrem dingin meskipun dalam bentuk vegetatif. Misalnya, banyak species *Spirochaeta* sifilis dan banyak virus secara rutin disimpan dalam es karbondioksida yang beku pada suhu -76°C atau dalam nitrogen cair (-198°C) selama bertahun-tahun dengan hanya kehilangan sedikit infektivitasnya. Banyak species bakteri dan sel-sel hewan akan tumbuh seolah-olah tidak terpengaruh sama sekali setelah berada pada suhu hidrogen cair (-252°C).

I Efek Ion

Suatu larutan yang netral atau sedikit basa (baik untuk pertumbuhan kebanyakan mikroorganisme pada suhu kamar kira-kira 22°C) dapat menjadi benar-benar masam dan letal bila dieramkan dalam inkubator pada suhu yang biasa dipakai (37°C). Bila larutan nutrisi ditentukan pH-nya sewaktu berada dekat titik didihnya, dapat menjadi basa bila menjadi dingin.

Berbagai pengaruh yang tidak menguntungkan tersebut menjadi lebih menonjol bila berada dalam cairan asam, misalnya koagulasi protein oleh panas timbul lebih cepat dalam larutan asam. Susu hanya

sedikit masam (tidak se asam sampai mengeluarkan bau atau mengubah rasa) dapat menggumpal bila dihangatkan (disebut susu pecah).

Sangat diperlukan ketelitian dalam menentukan pH medium pembiakan dalam mikrobiologi. pH yang ditentukan tersebut tergantung pada jenis mikroorganisme yang akan dibiakkan. Biasanya yang digunakan pH 7,0 akan tetapi pada umumnya berada antara 6,5 – 8,0; bahkan untuk beberapa species misalnya *Vibrio cholerae* adalah alkalofil, yaitu suasana basa (pH sekitar 9,0). Bakteri tanah (*Agrobacterium* sp) tumbuh baik pada pH 12, sedangkan bakteri asidofil dapat tumbuh sampai pada pH 2,0.

J. Efek Radiasi

a. Inframerah

Infra merah apabila diserap oleh benda yang tidak memantulkannya, energi yang relatif rendah dikeluarkan sebagai panas. Panas yang dikeluarkan ini menjadi letal bagi mikroorganisme.

Sinar ultraviolet daya penetrasinya sangat kecil, sifatnya tidak mengionkan tetapi mengakibatkan perubahan yang letal pada enzim dan berbagai konstituen sel bila terjadi penyinaran yang cukup lama.

b. Sinar X

Sinar X memiliki daya penetrasi yang cukup kuat, sehingga akibatnya pembuatan dan pemecahan gugus hidrogen dari DNA yang berlangsung secara abnormal dan gangguan struktur molekuler sekunder. Penyinaran singkat bersifat mutagen dan karsinogen. Penyinaran dengan sinar X yang lebih lama akan bersifat letal.

c. Sinar Matahari

Sinar matahari dapat mematikan mikroba (bersifat desinfeksi), juga berefek pada tekanan hidrostatik, vibrasi, “osmotic shock”, gangguan tegangan permukaan. Ada beberapa bahan yang dapat mengurangi tegangan permukaan; misalnya alkohol, asam-asam organik, polipeptida, empedu dan zat-zat tertentu seperti sabun dan deterjen rumah tangga (disebut surfaktan). Adanya jenis surfaktan dalam suatu medium pembiakan dapat mempengaruhi pertumbuhan mikroba. Pengaruhnya berbeda-beda tergantung konsentrasi dan jenis surfaktan, medium yang digunakan dan jenis mikroorganisme.

7.2. Cara Mendeteksi Mikroba

Cara pendeteksian mikroba adalah sebagai berikut :

1. Polymerase Chain Reaction (PCR)

Untuk pengujian bakteri patogen ataupun bakteri pencemar, terutama pada produk pangan dan pakan ternak, kecepatan dan ketepatan analisa menjadi hal yang tidak dapat dikompromikan. Sampai saat ini metoda pendeteksian bakteri patogen dan pencemar yang umum digunakan adalah metoda mikrobiologi konvensional dengan cara mengamati ada tidaknya pertumbuhan bakteri tertentu pada media kultur agar mikrobiologi. Media kultur mikrobiologi memang masih digunakan sebagai 'Gold Standar' dalam pengujian mikrobiologi, terutama pada laboratorium 'Quality Control' di industri makanan dan minuman serta produk farmasi. Hanya saja kelemahan dari metoda tersebut antara lain lamanya waktu yang dibutuhkan untuk mendapatkan hasil, rata-rata bisa mencapai 3 – 4 hari untuk analisa bakteri patogen. Selain itu adanya keterbatasan dalam selektifitas dan sensitifitas dari jenis media kultur selektif juga membuat hasil pertumbuhan yang terdapat pada media agar harus diuji kembali untuk memastikan (uji konfirmasi) yang juga memakan waktu cukup lama antara 2 – 3 hari, agar terhindar dari hasil positif palsu ataupun hasil negatif palsu. Sehingga, seringkali lamanya waktu yang dibutuhkan untuk mendapatkan hasil secara lengkap dan dapat dipercaya mengenai ada/tidaknya cemaran mikrobiologi dari bagian QC membuat produk tidak dapat segera didistribusikan ke pasar (Widodo, 2010).

Teknik PCR didasarkan pada amplifikasi fragmen DNA spesifik dimana terjadi penggandaan jumlah molekul DNA pada setiap siklusnya secara eksponensial dalam waktu yang relatif singkat. Teknik ini sangat ideal untuk mengidentifikasi patogen dengan cepat dan akurat. Secara umum proses ini dapat dikelompokkan dalam tiga tahap yang berurutan yaitu denaturasi templat, annealing (penempelan) pasangan primer pada untai tunggal DNA target dan extension (pemanjangan atau polimerisasi), sehingga diperoleh amplifikasi DNA antara 10^6 - 10^9 kali (Watson et al, 1992; Retnoningrum 1997).

PCR adalah singkatan dari Polymerase Chain Reaction. Jika dialih bahasakan ke dalam Bahasa Indonesia menjadi reaksi berantai menggunakan aktivitas enzim Polymerase. PCR merupakan suatu teknik atau metode perbanyakan (replikasi) DNA secara enzimatik tanpa menggunakan organisme. Dengan teknik ini, orang dapat menghasilkan DNA dalam jumlah besar dalam waktu singkat sehingga memudahkan berbagai teknik lain yang menggunakan DNA. Teknik ini dirintis oleh Kary Mullis pada tahun 1983 dan ia memperoleh hadiah Nobel pada tahun 1994 berkat temuannya tersebut. Penerapan PCR banyak dilakukan di bidang biokimia dan biologi molekular karena relatif murah dan hanya memerlukan jumlah sampel yang sangat kecil (Retnoningrum 1997).

Secara prinsip, PCR merupakan proses yang diulang-ulang antara 20–50 kali. Setiap siklus terdiri dari tiga tahap. Berikut ini adalah tiga tahap bekerjanya PCR dalam satu siklus (Anonim, 2009²)

- Tahap peleburan (melting) atau denaturasi.

Pada tahap ini (berlangsung pada suhu tinggi, 94–96°C) ikatan hidrogen DNA terputus (denaturasi) dan DNA menjadi berberkas tunggal. Biasanya pada tahap awal PCR tahap ini dilakukan agak lama (sampai 5 menit) untuk memastikan semua berkas DNA terpisah. Pemisahan ini menyebabkan DNA tidak stabil dan siap menjadi templat ("patokan") bagi primer. Durasi tahap ini 1–2 menit.

- Tahap penempelan atau annealing.

Primer menempel pada bagian DNA templat yang komplementer urutan basanya. Ini dilakukan pada suhu antara 45–60°C. Penempelan ini bersifat spesifik. Suhu yang tidak tepat menyebabkan tidak terjadinya penempelan atau primer menempel di sembarang tempat. Durasi tahap ini 1–2 menit.

- Tahap pemanjangan atau elongasi.

Suhu untuk proses ini tergantung dari jenis DNA-polimerase (P pada gambar) yang dipakai. Dengan Taq-polimerase, proses ini biasanya dilakukan pada suhu 76°C. Durasi tahap ini biasanya 1 menit.

Setelah tahap 3, siklus diulang kembali mulai tahap 1. Tahap 4 pada gambar menunjukkan perkembangan yang terjadi pada siklus-siklus selanjutnya. Akibat denaturasi dan renaturasi, beberapa berkas baru (berwarna hijau) menjadi templat bagi primer lain. Akhirnya terdapat berkas DNA yang panjangnya dibatasi oleh primer yang dipakai. Jumlah DNA yang dihasilkan berlimpah karena penambahan terjadi secara eksponensial.

Real Time PCR adalah suatu metoda analisa yang dikembangkan dari reaksi PCR. Dalam ilmu biologi molekular, Real Time PCR (juga dikenal sebagai quantitative real time polymerase chain reaction (Q-PCR/qPCR) atau kinetic polymerase chain reaction), adalah suatu teknik pengerjaan PCR di laboratorium untuk mengamplifikasi (memperbanyak) sekaligus menghitung (kuantifikasi) jumlah target molekul DNA hasil amplifikasi tersebut. Real Time PCR memungkinkan dilakukannya deteksi dan kuantifikasi (sebagai nilai absolut dari hasil perbanyakan DNA atau jumlah relatif setelah dinormalisasi terhadap input DNA atau gen-gen penormal yang ditambahkan) sekaligus terhadap sekuens spesifik dari sampel DNA yang dianalisa.

Pada analisa PCR konvensional deteksi keberadaan DNA dilakukan pada akhir reaksi dan pengamatan keberadaan DNA hasil amplifikasi dilakukan di gel agarose setelah dilakukan proses elektroforesis. Sedangkan analisa menggunakan Real Time PCR memungkinkan untuk dilakukan pengamatan pada saat reaksi berlangsung, keberadaan DNA hasil amplifikasi dapat diamati pada grafik yang muncul sebagai hasil akumulasi fluoresensi dari probe (penanda). Pada Real Time PCR pengamatan hasil tidak lagi membutuhkan tahap elektroforesis, sehingga tidak lagi dibutuhkan gel agarose dan penggunaan Ethidium Bromide (EtBr) yang merupakan senyawa karsinogenik.

2. Teknologi Nano (Nano Technology)

Pertama kali konsep nanoteknologi diperkenalkan oleh Richard Feynman pada sebuah pidato ilmiah yang diselenggarakan oleh American Physical Society di Caltech (California Institute of Technology), 29 Desember 1959, dengan judul "There's Plenty of Room at the Bottom". Istilah nanoteknologi pertama kali diresmikan oleh Prof. Norio Taniguchi dari Tokyo Science University tahun 1974 dalam makalahnya yang berjudul "On the Basic Concept of Nano-Technology", Proc. Intl. Conf. Prod. Eng. Tokyo, Part II, Japan Society of Precision Engineering, 1974. Pada tahun 1980an definisi Nanoteknologi dieksplorasi lebih jauh lagi oleh Dr. Eric Drexler melalui bukunya yang berjudul "Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology" (Victoria et al., 2010).

Teknologi nano atau Nanotechnology sekarang makin pesat perkembangannya. Teknologi nano adalah pembuatan dan penggunaan materi atau devais pada ukuran sangat kecil. Materi atau devais ini berada pada ranah 1 hingga 100 nanometer (nm). Satu nm sama dengan satu-per-milyar meter (0.000000001 m), yang berarti 50.000 lebih kecil dari ukuran rambut manusia. Sehingga teknologi ini juga berkaitan dengan penciptaan benda-benda kecil. Di dalamnya tergabung ilmu fisika, teknik, biologi molekuler, serta kimia (Yohanes, dkk., 2004).

Penciptaan fragmen mini dalam DNA artifisial diperlukan agar nantinya desain DNA itu dapat diikatkan dengan molekul spesifik, sel atau mikroorganisme yang dalam kasus ini ialah *Salmonella typhi*. Kronologisnya, jika bakteri tidak ditemukan, fragmen mini akan tetap berada dalam dinding carbon nanotube. Namun jika alat mampu mendeteksi, fragmen mini akan aktif dan melekat pada molekul tersebut. Carbon nanotube berfungsi membangkitkan sinyal elektrik yang diambil dari potensiometer yang terkoneksi dengan biosensor (Victoria et al., 2010).

Biosensor memerlukan tiga unsur utama, yaitu unsur biologi (reseptor biologi), transduser, dan sistem elektronik pemroses sinyal. Unsur biologi yang umumnya digunakan dalam mendesain suatu biosensor berupa enzim, organel, jaringan, antibodi, bakteri, jasad renik, dan DNA. Unsur biologi harus terimobilisasi pada suatu transduser dan juga spesifik terhadap satu molekul yang hendak dianalisis. Imobilisasi dapat dilakukan dengan berbagai cara, diantaranya penyerapan fisik, memakai media membran atau perangkat matriks, serta membuat ikatan kovalen antara biomolekul dengan transduser (Trust, 2010).

Apabila pada penelitian di laboratorium biasa membutuhkan waktu satu atau dua hari, maka dengan nano biosensor penelitian dapat dilakukan secara real time. Biosensor ciptaan URV itu dapat mendeteksi sel tunggal sampel *Salmonella* sp. berukuran lima mililiter dan berhasil mengukur secara kuantitatif hingga 1.000 bakteri per mililiter.



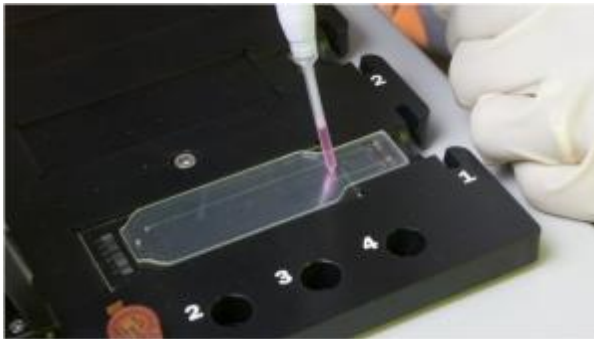
Gambar 38. Nano biosensor atau nano sensor (Trust, 2010)

Lebih lanjut, Victoria et al. (2010) memaparkan, bahwa pada tahun 2003, Livermore National Laboratory (LLNL) yang diketuai oleh Slezak mengenalkan Lawrence Livermore Mikroba Deteksi Array (LLMDA). Dikembangkan antara Oktober 2007 sampai Februari 2008, LLMDA mendeteksi virus dan bakteri dengan penggunaan 388.000 probe yang cocok dalam pola kotak-kotak di tengah-tengah slide lebar satu inci, kaca tiga inci panjangnya. Versi operasional saat ini, LLMDA mengandung probe yang dapat mendeteksi lebih dari 2.000 virus dan sekitar 900 bakteri. Dapat dideteksi hanya dalam waktu 24 jam. Tidak seperti metode ini, yang hanya dapat mendeteksi

patogen sekitar 50 atau lebih jumlah mikroorganisme, LLDMA dapat mendeteksi berbagai patogen dalam tes tunggal dari seluruh rentang virus yang dikenal dan bakteri.

Proses LLMDA dimulai dengan pemurnian DNA atau RNA dari sampel, seperti dahak atau darah. Sampel ini selanjutnya diberi label dengan pewarna fluoresen dan hibridisasi pada *microarray* di 42°C atau sekitar 107,6°F. Kemudian, *scanner neon* dan perangkat lunak analisis yang digunakan untuk mendeteksi probe yang menerangi, mengidentifikasi kehadiran urutan virus atau bakteri.

Para peneliti saat ini sedang menguji versi baru dari teknologi LLMDA yang mencakup lebih dari dua juta probe. Versi ini berisi probe mewakili sekitar 5.700 sekuens virus dari 178.000 virus, dan sekitar ribuan urutan bakteri dari 785.000 bakteri. Versi LLMDA terbaru juga meliputi jamur dan protozoa dengan probe mewakili sekitar ribuan urutan jamur dari 237.000 jamur dan urutan protozoa sekitar 75 dari 202.000 protozoa.



Gambar 39. Alat Lawrence Livermore Mikrobiologi Deteksi Array/LLMDA (Victoria et al., 2010)

Pendeteksian Mikroba pada suatu Ranch

Upaya untuk mengurangi jumlah dan jenis mikroorganisme patogen di sekeliling ternak yang dipelihara dapat ditempuh melalui pendekatan-pendekatan antara lain mengadakan identifikasi terhadap mikroorganisme secara lengkap. Identifikasi bisa dilakukan dengan deteksi terhadap sifat-sifat epidemiologis mikroorganisme, seperti cara penyebaran, kecepatan menyebar, pola kematian ternak, gejala-gejala klinis khas yang ditimbulkan bila menginfeksi spesies ternak tertentu

dan aspek-aspek patogenesisnya (perjalanan penyakit di dalam tubuh ternak).

Identifikasi mikroorganisme juga dapat dilakukan dengan melakukan anamnesa (menganalisis data tentang sejarah penyakit dalam lingkungan suatu peternakan), yang merupakan langkah awal diagnosis penyakit. Pengamatan terhadap perubahan pasca mati dan uji laboratorium akan memperkuat diagnosis. Apabila jenis mikroorganisme penyebab penyakit sudah diketahui, maka dapat diketahui pula pola penularan penyakit dari ternak satu ke ternak yang lain, dari satu kandang ke kandang lain bahkan dari peternakan satu ke peternakan yang lain, sehingga bisa dilakukan langkah-langkah yang tepat untuk upaya pencegahan maupun tindakan pengobatan (Waloyu, 2004).

Kondisi tubuh ternak yang tetap baik akan tahan terhadap serangan penyakit. Salah satu faktor terpenting guna penciptaan kondisi ternak yang ideal adalah pemilihan strain ternak secara tepat yang sesuai dengan kondisi lingkungan peternakan setempat.

Upaya lain yang bisa ditempuh untuk meningkatkan kondisi tubuh ternak, antara lain adalah pemberian pakan yang sesuai kebutuhan, baik secara kualitas maupun kuantitas. Vaksinasi dilakukan secara tepat waktu dengan meminimalkan faktor-faktor penyebab kegagalan vaksinasi, sehingga akan menstimulir terbentuknya kekebalan ternak secara sempurna. Penggunaan antibiotik harus terkontrol, cocok untuk menekan perkembangan atau membunuh mikroorganisme penyebab penyakit tertentu dan dengan dosis yang tepat. Memperlakukan ternak dengan penuh kasih sayang, tidak kasar, memperkecil faktor-faktor yang merugikan ternak, seperti adanya parasit cacing, mikotoksin dan zat antinutrisi di dalam bahan pakan, logam-logam dalam air minum (Irianto, 2006).

Penyebab penyakit yang berupa agen biologis antara lain : bakteri, virus, jamur, protozoa dan metazoa. Penyakit akibat agen biologis ini bersifat menular (infeksius), sedangkan agen kimiawi maupun fisik bersifat tidak menular (non infeksius).

Pada umumnya penyakit virus bersifat sangat akut karena menimbulkan angka kematian yang tinggi bagi ternak dan penyakit ini tidak dapat diobati, hanya dapat dicegah dengan sanitasi dan vaksinasi. Pengobatan pada penyakit virus dengan antibiotik dimaksudkan tidak untuk membunuh virus, namun hanya bertujuan untuk mencegah terjadinya infeksi sekunder oleh bakteri yang memperburuk kondisi ternak. Demikian pula pemberian vitamin dan cairan elektrolit pada penyakit virus bertujuan untuk mempertahankan kondisi tubuh ternak supaya tetap baik (Rahayu, 2004).

Penyakit bakterial pada ternak tidak selalu bersifat kronis. Tingkat keparahan penyakit sangat tergantung pada jenis dan jumlah bakteri yang menginfeksi. Penggunaan antibiotik yang tepat sesuai dengan jenis bakteri yang menyerang bisa menghasilkan angka kesembuhan yang memuaskan, namun penggunaan antibiotik yang kurang tepat akan menyebabkan terjadinya resistensi dan meningkatkan residu antibiotik pada produk-produk ternak.

Penyakit parasit yang disebabkan oleh parasit internal meliputi penyakit parasit cacing, seperti nematodosis, trematodosis dan cestodosis. Contoh penting yang lain adalah coccidiosis yang disebabkan oleh protozoa. Penyakit-penyakit parasit eksternal, antara lain scabies atau kudisan yang sering menyerang ternak ruminansia, disebabkan oleh *Sarcoptes scabiei*. Penyakit-penyakit parasit eksternal lain yang secara ekonomis juga merugikan antara lain adalah caplak, kutu, lalat, pinjal tungau, dan lain-lain (Rahayu, 2004).

7.3. Penghitungan Jumlah Mikroba

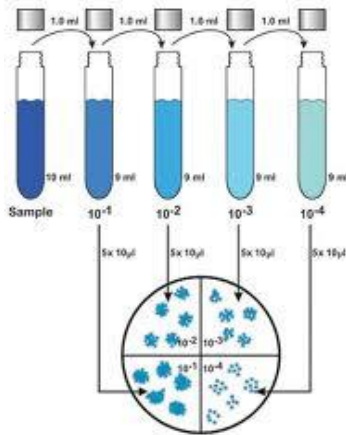
Ada beberapa cara untuk menentukan jumlah mikroba yang terdapat pada bahan pemeriksaan. Cara yang paling sering digunakan adalah penghitungan koloni pada lempeng pembiakan (plate count), atau penghitungan langsung secara mikroskopis (Pelczar dan Chan, 2008; Irianto, 2006; Widodo, 2010):

1). Penghitungan koloni sistem Plate Count

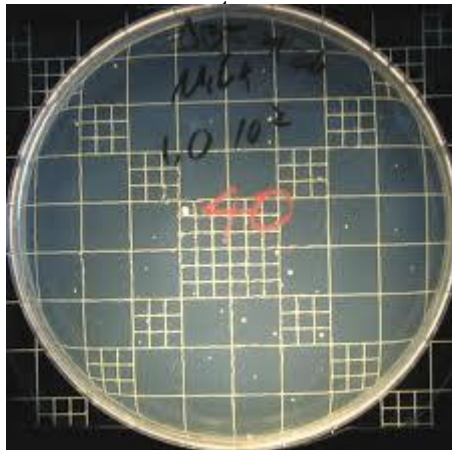
- Bahan pemeriksaan diencerkan seperlunya
- Sejumlah volume tertentu diteteskan ke dalam cawan petri steril, kemudian dituang dengan medium pembiakan padat yang telah dicairkan dan didinginkan sampai suhu tidak lebih dari 45°C. Setelah dicampur rata campuran dibiarkan membeku.
- Penghitungan koloni dilakukan setelah pengeraman pada suhu yang sesuai.
- Satu bakteri dapat tumbuh menjadi satu koloni yang terhitung, mewakili jumlah bakteri yang hidup dalam tiap volume pengenceran yang digunakan (metode penghitungan bakteri hidup atau metode penghitungan koloni).

Cara lain yang hampir sama adalah:

1. 0,1 – 1 ml bahan pemeriksaan dicampur dengan medium pembiakan agar yang telah dicairkan dan didinginkan sampai suhu tidak lebih dari 45°C.
2. Setelah dikocok, campuran tersebut dituang ke dalam cawan petri steril kemudian dibekukan, lalu dieramkan.



Gambar 40. Dilution series in the plate count (hypertextbookshop.com)



Gambar 41 . Plate Count Method (www.biology.clc.uc.edu)

2). Cara Menghitung Langsung (Metode Kaca Objek)

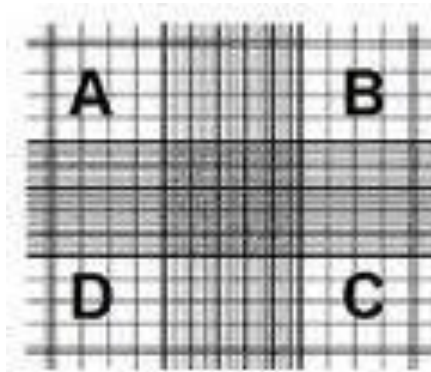
Teknik ini digunakan untuk menghitung bakteri hidup maupun bakteri mati dan pengerjaannya lebih cepat.

- Metode Bilik Hitung

Alat yang digunakan adalah bilik hitung “Helber”, dimana pada lantai biliknya terdapat suatu daerah berkotak seluas 1 mm^2 yang dibagi menjadi 400 kotak persegi masing-masing seluas $0,0025 \text{ mm}^2$. Volume ruang di atas tiap kotak adalah $0,02 \times 0,0025 \text{ mm}^3$, yaitu 5×10^{-7} . Suspensi yang akan dihitung ditambah beberapa tetes formalin. Suspensi ini diencerkan

sedemikian rupa, sehingga bila dimasukkan dalam bilik hitung hanya akan terdapat lima atau sepuluh mikroba dalam tiap kotak. Cairan pengencer terbaik adalah air pepton 0,1 % yang mengandung 0,1% methylene blue. Cara kerjanya:

1. Satu ose suspensi diletakkan pada daerah berkotak dan diatasnya diletakkan kaca penutup bersih. Volume suspensi sebaiknya hanya cukup untuk mengisi ruang antara lantai bilik dengan kaca penutup, jangan sampai ada cairan yang mengalir ke dalam parit (daerah yang melintang lantai bilik).
2. Pemeriksaan dilakukan dengan lensa 4 mm. Untuk penghitungan dipilih 50 – 100 kotak secara acak, sehingga jumlah hitungan kira-kira 500. Setelah dibagi oleh jumlah kotak, diperoleh rata-rata jumlah organisme untuk tiap kotak. Kemudian dikalikan dengan faktor pengenceran.



Gambar 42. Metode Bilik Hitung (www.selvamei18.blogspot.com)

- Metode Breed

Pada kaca objek dibuat petak-petak masing-masing seluas 1 cm². Teteskan 0,01 ml cairan yang ingin dihitung kandungan bakterinya dengan menggunakan mikropipet lalu dikeringkan. Selanjutnya dicat dengan methylene blue. Pemeriksaan dilakukan dengan lensa rendah minyak yang telah diketahui diameter bidang penglihatannya, yaitu kira-kira 0,16 mm luas bidang penglihatan adalah $3,114 \times 0,8^2 = 2 \text{ mm}^2$, maka tiap bidang penglihatan adalah 1/5000 luas petak. Jadi tiap bidang penglihatan mewakili 1/5000 bagian dari volume asalnya 0,01 ml. Bila ditemukan dalam tiap bidang penglihatan satu bakteri, maka dalam 0,01 ml terdapat 5000 organisme atau 5×10^5 /ml. Perhitungan dilakukan pada berbagai bidang penglihatan dari

petak-petak yang berbeda, dan hasilnya dihitung dengan rumus
:
$$\text{Hasil hitung per ml} = \frac{N \times 4 \times 10^4}{\pi d^2}$$

Dimana N = jumlah organisme pada tiap bidang penglihatan
d = diameter jumlah penglihatan

3). Metode Ukur Kekeruhan

Teknik ini menggunakan tabung-tabung dengan suspensi dari berbagai derajat kekeuhan menurut Brown. Tiap derajat tersebut dengan tingkat kekeruhan ekuivalen dengan jumlah tertentu per milliliter. Suspensi bakteri yang akan diperiksa jumlahnya dibandingkan dengan kekeruhannya dalam tabung yaitu dengan ukuran yang sama dengan kekeruhan tabung Brown yang telah dibakukan dan jumlah organismenya dapat dilihat dalam tabel derajat kekeruhan baku.

4). Metode Nefelometri dan Turbidimetri

Penghitungan metode Nefelometri didasarkan pada kenyataan bahwa suatu populasi atau kelompok sel dalam medium cair menyerap atau menyebarkan cahaya yang sebanding dengan derajat kekeruhan medium tersebut, jadi yang diukur adalah refleksi sinar cahaya.. Pada metode Turbidimetri yang diukur adalah persentase absorpsi cahaya.

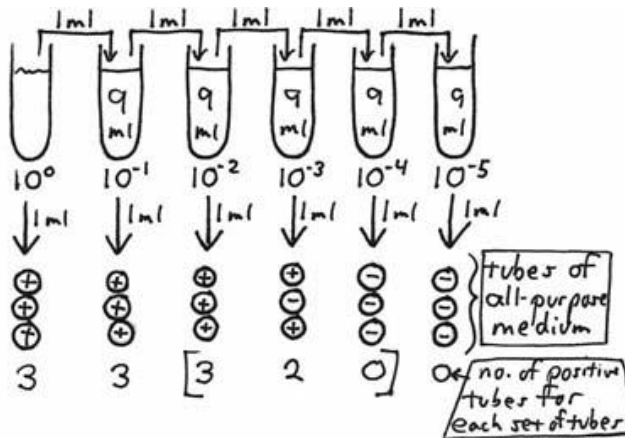
5). Most Probable Number (MPN)

Metode ini didasarkan pada asumsi bahwa bakteri tersebar normal dalam medium cair. Jadi, bila suatu cairan mengandung 100 organisme per 100 ml, maka sampel-sampel 10 ml akan mengandung rata-rata masing-masing 10 organisme.

Teknik penghitungan kelimpahan bakteri dengan MPN ada metode yaitu metode 5 tabung dan metode 3 tabung. Pada penelitian ini digunakan metode tiga tabung pengenceran (p1,p2, dan p3) dengan masing-masing pengenceran 3 ulangan.

Contoh (sampel air) sebanyak 1 ml dimasukkan ke dalam media yang telah disterilisasi. Dibuat beberapa seri pengenceran yaitu p1,p2, dan p3. Untuk setiap pengenceran digunakan 3 seri tabung. Pengenceran harus dilakukan sedemikian rupa sehingga beberapa tabung yang berisi medium cair yang diinokulasikan dengan larutan hasil pengenceran tersebut mengandung satu sel mikroba, sedangkan tabung lainnya tidak mengandung sel. Setelah inkubasi, diharapkan pada beberapa tabung terjadi pertumbuhan (positif), sedangkan tabung lainnya negatif. Untuk menghitung MPN organisme dalam contoh, dicatat jumlah tabung positif pada setiap pengenceran.

Nilai yang didapat ini dikalikan dengan faktor pengenceran pada tabung dengan pengenceran yang paling rendah untuk mendapatkan kelimpahan MPN dari contoh yang asli .



Gambar 43. Serial dilution metode MPN
(www.selvamei18.blogspot.com)

Dari berbagai teknik penghitungan mikroba di atas, dapat dipilih teknik yang sesuai dengan kondisi di laboratorium untuk diaplikasikan, berdasarkan jenis sampel yang akan diteliti dan efisiensi waktu serta biayanya.

Latihan

1. Jelaskan secara singkat mengenai factor-faktor apa saja yang dapat mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme!
2. Uraikan secara singkat mengenai metode terbaru dalam teknik pendeteksian mikroorganisme.
3. Apa saja yang anda ketahui tentang cara penghitungan jumlah mikroba?

Rangkuan

Pertumbuhan mikroorganisme dipengaruhi oleh beberapa factor, diantaranya: suplai nutrisi, suhu, derajat keasaman atau kebasaaan (pH), ketersediaan oksigen, bahan bentuk gas, tekanan osmosis, pengeringan, keadaan ekstrim dingin, efek ion dan efek radiasi.

Untuk mendeteksi kehadiran mikroba yang melebihi ambang batas dalam suatu daerah peternakan bisa dilakukan dengan deteksi

terhadap sifat-sifat epidemiologis mikroorganisme, seperti cara penyebaran, kecepatan menyebar, pola kematian ternak, gejala-gejala klinis khas yang ditimbulkan bila menginfeksi spesies ternak tertentu dan aspek-aspek patogenesisnya. Identifikasi mikroorganisme juga dapat dilakukan dengan melakukan anamnesa (menganalisis data tentang sejarah penyakit dalam lingkungan suatu peternakan), yang merupakan langkah awal diagnosis penyakit. Pengamatan terhadap perubahan pasca mati dan uji laboratorium akan memperkuat diagnosis. Apabila jenis mikroorganisme penyebab penyakit sudah diketahui, maka dapat diketahui pula pola penularan penyakit dari ternak satu ke ternak yang lain, dari satu kandang ke kandang lain bahkan dari peternakan satu ke peternakan yang lain.

Untuk menghitung jumlah mikroba, cara yang paling sering digunakan adalah penghitungan koloni pada lempeng pembiakan (plate count), atau penghitungan langsung secara mikroskopis.

Tes Formatif

1. Sebutkan penggolongan mikroorganisme berdasarkan suhu!
2. Apa saja yang menjadi efek radiasi yang bisa berpengaruh pada pertumbuhan mikroorganisme?
3. Menurut anda usaha apa saja yang harus dilakukan untuk menciptakan kondisi ternak yang ideal agar perkembangan mikroorgansime pathogen dapat dihindari?
4. Jelaskan cara penghitungan koloni bakteri sistem Plate Count!
5. Uraikan cara menghitung koloni bteri menggunakan metode Kaca Objek!

BAB VIII

MIKROBA PADA SALURAN PENCERNAAN TERNAK

A. Gambaran Singkat Mengenai Materi Kuliah

Bab ini membahas tentang jenis-jenis mikroba yang mendiami saluran pencernaan baik ternak ruminansia maupun non ruminansia; faktor-faktor yang mempengaruhi kehidupannya, serta bagaimana interaksi yang terjadi antara berbagai populasi mikroba tersebut.

B. Pedoman Mempelajari Materi

Pahami dengan jelas isi materi mengenai jenis-jenis mikroba yang mendiami saluran pencernaan baik ternak ruminansia maupun non ruminansia; faktor-faktor yang mempengaruhi kehidupannya, serta bagaimana interaksi yang terjadi antara berbagai populasi mikroba tersebut. Selanjutnya kerjakan soal-soal latihan yang tercantum di bagian akhir dari bab ini.

C. Tujuan Pembelajaran

1. Mahasiswa mampu menjelaskan jenis-jenis mikroorganisme yang terdapat dalam rumen
2. Mahasiswa mampu menjelaskan jenis-jenis mikroorganisme yang terdapat dalam usus ternak non ruminansia.
3. Mahasiswa mampu menguraikan faktor-faktor yang mempengaruhi perubahan populasi konsorsium mikroba tersebut
4. Mahasiswa mampu menjelaskan jenis interaksi antara berbagai populasi mikroba dalam saluran pencernaan ternak.

D. Materi Kuliah:

8.1. Mikroba dalam Saluran Pencernaan Ternak Ruminansia

Sebagaimana diketahui bahwa pada ternak ruminansia yang menjadi tempat 'kediaman' utama bagi mikroorganisme saluran pencernaan adalah di daerah rumen. Rumen merupakan satu ekosistem dimana di dalamnya terdapat komponen biotik (bakteri, protozoa, jamur, kapang dan lain-lain dari berbagai spesies) dan komponen abiotik (air, protein, serat kasar, mineral, vitamin, gas, bahan sumber zat makanan) yang saling berinteraksi satu dengan yang lain. Semua komponen ini direndam dalam cairan rumen.

Mikroba yang terdapat dalam rumen dibagi menjadi empat jenis mikroorganisme anaerob, yaitu bakteri, protozoa, fungi dan mikroorganisme lainnya seperti virus. Cacahan sel per gram isi rumen dapat mencapai 10^{10} - 10^{11} , kondisinya ternak yang sehat populasi protozoa mencapai 10^5 - 10^6 . Interaksi yang terjadi antar mikroba rumen adalah

simbiosis mutualisme. Bakteri dan protozoa yang hidup dalam rumen menjadikan ruminansia mampu mencerna serat kasar tinggi (McDonald et al., 2002). Pakan difermentasi dalam rumen menjadi VFA, NH_3 , protein mikroba dan gas. Rumen-retikulum seperti wadah fermentasi yang besar, kapasitasnya bervariasi mulai dari 3-15 liter untuk domba dan 35-100 liter untuk sapi. Rumen memiliki kisaran suhu $38\text{--}40^\circ\text{C}$, pH 5,5-7, tekanan osmotik cairan rumen sekitar 250mOsm/kg, komposisi gas di dalam rumen adalah CO_2 65% dan CH_4 27% (Dehority, 2004).

Antara induk semang (ternak ruminansia) dengan mikroorganisme terjadi simbiosis mutualistik. Dalam hubungan ini, induk semang menyediakan bahan untuk proses fermentasi oleh mikroorganisme untuk membangun tubuhnya, namun sementara itu terbentuk produk yang berguna bagi induk semang yang akan dipergunakan oleh si induk semang untuk proses produksi dan maintenance. Jadi, kehadiran mikroorganisme rumen ini sangat memegang peranan penting dalam kleangsungan hidup induk semangnya serta maksimalisasi produksi dari induk semang.

Jumlah bakteri rumen bervariasi tergantung pada pakan, cara pemberian pakan, waktu pengambilan sampel setelah makan, perbedaan spesies, perbedaan individual spesies, musim, ketersediaan hijauan, dan ada atau tidaknya siliata protozoa (Ensminger et al., 1990). Fermentasi mikroba terhadap serat menjadi bagian terpenting ketika berbicara tentang ternak ruminansia, oleh karena itu kebutuhan yang harus terpenuhi terlebih dahulu pada pakan ruminansia adalah kebutuhan nutrisi untuk mikroba. Tipe mikroba yang paling berperan dalam fermentasi serat adalah bakteri selulolitik dan fungi anaerobik (Bakrie et al., 1996). Mikroba rumen dapat dibagi dalam tiga grup utama yaitu bakteri, protozoa, dan fungi yang memiliki populasi secara berturut-turut sebagai berikut $10^{10}\text{--}10^{11}$ /ml dari 50 jenis, $10^4\text{--}10^6$ /ml dari 25 jenis, $10^3\text{--}10^5$ /ml dari 12 jenis. Mayoritas bakteri (mikroflora) adalah Gram positif dan Gram negatif dan merupakan bakteri obligate anaerobes, tumbuh pada pH 6,0-6,9 dan temperatur 39°C (Kamra, 2005).

Faktor utama yang mempengaruhi pertumbuhan dan aktifitas populasi mikroba rumen adalah temperatur, pH, kapasitas buffer, tekanan osmotik, kandungan bahan kering dan potensial oksidasi reduksi (Dehority, 2004). Mikroba rumen mempunyai karakteristik antara lain : suhu lingkungan sesuai dengan suhu saluran pencernaan $39\text{--}40^\circ\text{C}$, kondisi lingkungan anaerob dengan pH 5,3-7,0 (Widyastuti, 2005).

Sub bab ini akan membahas secara detil mengenai jenis mikroba apa saja yang mendiami rumen ini, bagaimana proses interaksi atau

simbiosis antara berbagai jenis mikroorganisme tersebut serta faktor-faktor yang dapat mempengaruhi jumlah populasi mikroba di dalam rumen.

Jenis Mikroba Rumen

Secara garis besar terdapat 4 kelompok utama mikroba rumen, yaitu: bakteri, protozoa, jamur dan bakteriofage atau virus. Secara kuantitatif golongan terakhir belum diketahui. Disamping itu terdapat sejumlah amoeba yang juga belum diketahui secara pasti populasinya.

Uraian berikut ini akan membahas ketiga golongan utama mikroba rumen yaitu: bakteri, protozoa dan jamur; dengan pertimbangan bahwa peranan mereka telah banyak diketahui dalam proses fermentasi pakan ternak ruminansia

a. Bakteri Rumen

Bakteri merupakan biomassa terbesar di dalam rumen, terdapat sekitar 50% dari total bakteri hidup bebas dalam cairan rumen dan sekitar 30-40% menempel pada partikel makanan. Beberapa jenis bakteri dari spesies *Micrococcus*, *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Corynebacterium*, *Lactobacillus*, *Fusobacterium* dan *Propionibacterium* ditemukan menempel pada epitel dinding rumen, disamping itu terdapat spesies bakteri methanogen yang hidup menempel pada protozoa (Dehority, 2004). Guedon et al. (2002) menyatakan bahwa beberapa spesies bakteri hidup pada kondisi temperatur, tekanan, dan pH yang ekstrim.

Bakteri yang hidup dalam rumen secara sederhana diklasifikasi menjadi chemo-autotroph dan chemo-heterotroph. Chemo autotroph ialah bakteri yang memanfaatkan karbondioksida sebagai sumber karbon untuk pertumbuhannya, seperti bakteri methanogenic dan homoacetogenic. Karbondioksida yang digunakannya merupakan limbah metabolisme bakteri heterotroph. Bakteri heterotroph adalah bakteri yang lebih bervariasi dan jumlahnya cukup banyak. Diperkirakan terdapat 200 species yang terdapat dalam rumen. Bakteri ini menggunakan zat organik untuk pertumbuhannya. Substrat yang digunakan antara lain monosaccharida yang dihasilkan dari hidrolisis karbohidrat pakan yang dikonsumsi oleh induk semang. Dalam beberapa kasus spesies mikroba secara individual menggunakan asam organik seperti suksinat dan laktat yang merupakan limbah metabolisme beberapa mikroba.

Mekanisme sintesis ATP berbeda antara mikroba autotroph dan heterotroph. Bakteri autotroph mengambil hidrogen dari lingkungannya dan menggunakannya untuk mereduksi karbon dioksida, melalui proses transpor elektron. Sintesis ATP ini dikenal

sebagai anaerobic respiration. Bakteri heterotroph menghasilkan ATP dengan memfermentasi substrat organik melalui fosforilasi pada metabolisme intermediate melalui proses oksidasi reduksi. Sintesis ATP ini dikenal dengan aerobic respiration. Walaupun demikian, pembagian bakteri ini terlalu disederhanakan, karena bakteri heterotroph dapat juga menghasilkan ATP dari respirasi anaerob seperti pada kelompok autotroph.

Umumnya bakteri rumen berbentuk cocci kecil, sehingga morfologinya tidak dapat dipakai sebagai dasar klasifikasi untuk membedakan spesies. Oleh sebab itu bakteri rumen diklasifikasikan berdasarkan jenis substrat yang digunakan sebagai sumber energi utama bagi bakteri tersebut untuk hidup, yakni:

1). Bakteri Selulolitik

Bakteri selulolitik merupakan bakteri yang dapat memproduksi enzim selulase yang mempunyai fungsi-fungsi khusus dalam degradasi selulosa menjadi glukosa. Selulase dari mikroorganisme yang bersifat selulolitik adalah enzim yang terinduksi dan hanya diproduksi bila mikroorganisme ditumbuhkan pada selulosa atau glukon dengan ikatan β -1,4 seperti selobiosa, laktosa dan sophorosa (Pelczar dan Chan, 1988). Menurut Beguin dan Aubert (1992), bakteri selulolitik juga terdapat dalam usus herbivore vertebrata. Semuanya bersifat anaerob yang bersimbiosis dalam menghancurkan pakan.

Pencernaan selulosa sangat tergantung pada bakteri yang terdapat di sepanjang saluran pencernaan pakan, karena tak satupun hewan yang mampu memproduksi enzim selulase. Populasi bakteri selulolitik ini akan menjadi dominan apabila makanan utama ternak ruminansia berupa serat kasar.

Adapun contoh bakteri selulolitik (Hobson dan Stewart, 1997) antara lain adalah :

- *Bacteriodes succinogenes*
- *Ruminicoccus flavefaciens*
- *Ruminicoccus albus*
- *Cillobacterium cellulosolvens*

2). Bakteri Hemiselulolitik

Hemiselulosa berbeda dengan selulosa terutama dalam kandungan pentosa, gula heksosa serta biasanya asam uronat. Hemiselulosa merupakan struktur polisakarida yang penting dalam dinding sel tanaman. Mikroorganisme yang dapat menghidrolisa selulosa biasanya juga dapat menghidrolisa hemiselulosa. Meskipun

demikian ada beberapa spesies yang dapat menghidrolisa hemiselulosa tetapi tidak dapat menghidrolisa selulosa.

Beberapa contoh bakteri hemiselulolitik antara lain:

- *Butyrivibrio fibriosolvens*
- *Bacteriodes ruminicola*

3). Bakteri Pemakai Asam (Acid Utilizer Bacteria)

Beberapa jenis bakteri dalam rumen dapat menggunakan asam laktat meskipun jenis bakteri ini umumnya tidak terdapat dalam jumlah yang berarti. Jenis lainnya dapat menggunakan asam suksinat, malat dan fumarat yang merupakan hasil akhir fermentasi oleh bakteri jenis lainnya. Asam format dan asetat juga digunakan oleh beberapa spesies, meskipun mungkin bukan sebagai sumber energi yang utama.

Asam oksalat yang bersifat racun pada mamalia akan dirombak oleh bakteri rumen, sehingga menyebabkan ternak ruminansia mampu mengkonsumsi tanaman yang beracun bagi ternak lainnya sebagai bahan makanan.

Beberapa spesies bakteri pemakai asam laktat yang banyak terdapat setelah ternak tiba-tiba mendapatkan tambahan jumlah makanan butiran maupun pati adalah :

- *Peptostreptococcus bacterium*
- *Propioni bacterium*
- *Selemonas lactilytica*

4). Bakteri Amilolitik

Bakteri amilolitik adalah bakteri yang mampu menghasilkan enzim amilase untuk mendegradasi pakannya. Bakteri-bakteri tersebut disebut sebagai bakteri amilolitik karena kemampuannya mendegradasi pati (amilum). Menurut Pelczar dan Chan (1988), enzim amylase telah banyak digunakan dalam aplikasi industri, meliputi senyawa α -amilase, β -amilase, glukoamilase dan puiilunase. Berikut jenis bakteri amilolitik diantaranya *Bacteroides ruminicola*, *Ruminobacter amylophilus*, *Succinivibrio dextrinosolvens*, *Succinimonas amylolytica*, *Butyrivibrio fibrisolvens* (Hobson dan Stewart, 1997).

Beberapa bakteri selulolitik juga dapat memfermentasi pati, meskipun demikian beberapa jenis bakteri amilolitik tidak dapat menggunakan/memfermentasi selulosa. Populasi bakteri amilolitik akan menjadi dominan bila makanan mengandung pati yang tinggi, seperti butir-butiran dikonsumsi ternak.

Contoh bakteri amilolitik yang terdapat di dalam rumen antara lain:

- *Bacteriodes amylophilus*
- *Butyrivibrio fibrisolvens*
- *Bacteroides ruminicola*
- *Streptococcus bovis*

5). Bakteri Pemakai Gula (Sugar Utilizer Bacteria)

Hampir semua bakteri pemakai polisakarida dapat memfermentasikan disakarida dan monosakarida. Tanaman muda mengandung karbohidrat siap terfermentasi dalam konsentrasi yang tinggi yang segera akan mengalami fermentasi begitu sampai di retikulo-rumen.

6). Bakteri Proteolitik

Bakteri proteolitik adalah bakteri yang memproduksi enzim protease ekstraseluler, yaitu enzim pemecah protein yang diproduksi di dalam sel kemudian dilepaskan keluar dari sel. Semua bakteri mempunyai enzim protease di dalam sel, tetapi tidak semua mempunyai enzim protease ekstraseluler (Pelczar dan Chan, 1988). Berikut jenis bakteri proteolitik diantaranya

Bakteri proteolitik merupakan jenis bakteri yang paling banyak terdapat pada saluran pencernaan makanan mamalia termasuk karnivora (carnivora). Didalam rumen, beberapa spesies diketahui menggunakan asam amino sebagai sumber utama energi.

Beberapa contoh bakteri proteolitik (Hobson dan Stewart, 1997) antara lain:

- *Bacteroides amylophilus*
- *Clostridium sporogenes*
- *Bacillus licheniformis*
- *Selenomonas ruminantium*
- *Ruminobacter amylophilus*
- *Mitsuokella multiacidus*

7). Bakteri Methanogenik

Sekitar 25 % dari gas yang diproduksi didalam rumen adalah gas methan. Bakteri pembentuk gas methan lambat pertumbuhannya.

Contoh bakteri ini antara lain:

- *Methanobacterium ruminantium*

- *Methanobacterium formicium*

8). Bakteri Lipolitik

Beberapa spesies bakteri menggunakan glycerol dan sedikit gula. Sedangkan spesies lainnya dapat menghidrolisa asam lemak tak jenuh dan sebagian lagi dapat menetralkan asam lemak rantai panjang menjadi keton. Enzim lipase bakteri dan protozoa sangat efektif dalam menghidrolisa lemak dalam kloroplast.

Contoh bakteri lipolitik antara lain:

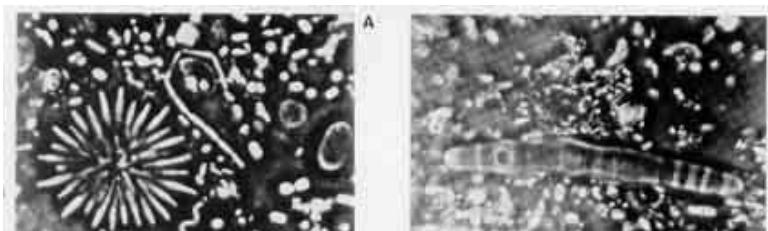
- *Anaerovibrio lipolytica*
- *Selemonas ruminantium* var. *Lactilytica*

9). Bakteri Ureolitik

Sejumlah spesies bakteri rumen menunjukkan aktivitas ureolitik dengan jalan menghidrolisis urea menjadi CO_2 dan amonia. Beberapa jenis bakteri ureolitik menempel pada epithelium dan menghidrolisa urea yang masuk kedalam rumen melalui difusi dari pembuluh darah yang terdapat pada dinding rumen. Oleh karena itu konsentrasi urea dalam cairan rumen selalu rendah. Salah satu contoh bakteri ureolitik ini misalnya adalah *Streptococcus* sp.

Di dalam rumen yang normal biasanya jumlah bakteri ini mencapai antara $15 - 80 \times 10^9$ isi rumen. Meskipun demikian jumlah ini mungkin dapat menurun sampai hanya 4×10^9 permililiter pada ternak yang diberi pakan wheat straw dan pada kondisi padang rumput yang bagus jumlah ini dapat naik setinggi 88×10^9 permililiter pada domba.

Beberapa contoh ukuran dan bentuk sel bakteri rumen disajikan pada Gambar 44 di bawah ini :



Gambar 44. Ragam Morfologi Bakteri Rumen. A. Rossete Quin's organism dan Selenomonas ; B. Bentuk sarkina ; C. Rantai cocci besar ; D. *Oscillospira guillermontii* ; E. bentuk clostridia dari *Clostridia lochheadii* ; F. Rantai cocci yang amat panjang (Church, 1969).

b. Protozoa Rumen

Sebagian besar protozoa yang terdapat didalam rumen adalah cilliate juga kadang banyak dijumpai flagellata. Cilliate ini merupakan non pathogen dan anaerobic michroorganism. Pada kondisi rumen yang normal dapat dijumpai ciliate sebanyak 10^5 - 10^6 perml isi rumen.

Seperti halnya bakteri, cilliate juga mampu memfermentasi hampir seluruh komponen tanaman yang terdapat didalam rumen seperti: selulosa, hemiselulosa, fruktosan, pektin, pati, gula terlarut dan lemak.

Ciliata diduga mempunyai peranan sebagai sumber protein dengan keseimbangan kandungan asam amino yang lebih baik dibandingkan dengan bakteri sebagai makanan ternak ruminansia. Selain itu ciliata/protozoa juga menelan partikel-partikel pati sehingga memperlambat terjadinya fermentasi. Sepanjang hanya spesies tertentu dari ciliata ini yang mampu mencerna selulosa dengan hasil akhir berupa asam lemak terbang (VFA).

Komponen dasar dari tubuh protozoa adalah nukleus (inti) dan sitoplasma. Tampubolon (2004) mengatakan bahwa inti protozoa mempunyai berbagai bentuk, ukuran dan struktur karena bentuk tubuh yang sangat bervariasi. Komponen penting inti protozoa adalah membran inti, kromatin, plastin dan nukleoplasma atau cairan inti. Secara struktural inti dibagi menjadi dua tipe yaitu vasikuler dan kompak. Inti vasikuler terdiri dari membran inti yang kadang-kadang sangat lembut tetapi jelas nukleoplasma, akromatin dan kromatinnya. Disamping itu badan intranuklear biasanya agak bulat, tersusun dari kromatin, nukleolus atau plasmasoma. Sedangkan inti kompak mengandung banyak substansi kromatin dan sedikit jumlah nukleoplasma, oleh karena itu bersifat padat.

Ciliata rumen dari famili *Ophryoscolecidae* mempunyai struktur yang sama dengan metazoa seperti: mulut, oesophagus, lambung, rectum, anus dan bahkan sedikit kerangka dan sistem syaraf.

Taksonomi ciliata rumen masih tidak konsisten, demikian pula terhadap flagellata. Tidak seperti bakteri rumen, ciliata dapat diklasifikasikan atas dasar morfologinya karena ukuran selnya cukup besar yaitu sekitar 200 μ m.

Ciliata rumen dapat dibedakan menjadi 3 ordo yaitu:

- Ordo Prostomatida
- Ordo Trichostomatida
- Ordo Entodiniomorphida

Dari ketiga ordo tersebut di atas, Ordo Entodiniomorphida adalah yang terbanyak dijumpai dalam rumen baik dari segi jumlah spesies maupun frekuensi terdapatnya. sementara itu dari ordo lainnya hanya terdiri dari beberapa spesies saja meskipun frekuensi terdapatnya cukup tinggi.

Ordo Entodiniomorphida terbagi kedalam 6 famili, yaitu:

- Ophryoscolecidae - Dixtiidae
- Cyclophostidae - Telanodiniidae

- Polydiniellidae
- Tryglodytellidae

Dari keenam famili tersebut hanya Ophryoscolecidae yang ditemukan pada rumen, sedangkan famili lainnya terdapat pada usus kuda, tapir, gajah, badak, kuda nil, babi rusa serta orang utan.

Protozoa/ciliata rumen diklasifikasikan kedalam dua kelompok besar yaitu: Oligotricha dan Holotricha disamping taksonomi versi lain. Skema di bawah ini adalah taksonomi klas Ciliata menurut Honigberg *et al* (1964) yang dikutip oleh Clarke (1977). Meskipun demikian ahli lain (Ogimoto and Imai, 1981) memberikan klasifikasi ciliata rumen yang berbeda yaitu berdasarkan pada organella sel seperti ada tidaknya vakula, kerangka dan posisi cilia.

- Oligotrichia yang mempunyai ukuran sel lebih kecil dan hanya memiliki cilia di sekitar prostoma (mulut).
- Holotricha yang mempunyai ukuran sel lebih besar dengan cilia menutup seluruh tubuh.

Oligotricha (Entodiniomorph)

Jenis ini hanya sedikit sekali menggunakan gula terlarut sebagai makanannya, akan tetapi butir-butir pati akan menjadi sasaran utama untuk dimangsanya. Beberapa spesies juga memangsa amilopektin dari Holotricha disamping ada pula yang secara aktif menelan serat kasar tanaman dan mencerna selulosa. Akan tetapi hasil penelitian terakhir meragukan kemampuan protozoa rumen untuk dapat mencerna selulosa.

Pencernaan selulosa dapat dilakukan karena protozoa memangsa bakteri dan bakteri inilah yang akan menghasilkan enzim selulase didalam tubuh protozoa sehingga selulosa yang dimangsa dapat dicerna. Bakteri selulolitik juga diketahui hidup secara simbiosis dengan Oligotricha didalam selnya. Spesies penting dari Oligotricha antara lain:

Diplodinium dentatum
Eudiplodinium bursa
Polypastron multivesiculatum
Entodinium caudatum

Holotricha

Ciri-ciri umum dari Holotricha adalah: pergerakannya yang cepat, bentuk sel umumnya oval dan terdapat dalam konsentrasi yang tinggi

bila makanan utama Holotricha dapat menggunakan glukosa, fruktosa, sukrosa dan pektin. Karbohidrat akan disimpan dalam bentuk amilopektin (salah satu bentuk rantai panjang pati). Jenis ciliata rumen ini mempunyai peranan penting dalam metabolisme karbohidrat dengan jalan menelan gula segera setelah masuk ke rumen dan menyimpannya dalam bentuk amilopektin, yang selanjutnya akan melepaskan kembali senyawa ini kedalam cairan rumen pada saat populasi Holotricha mengalami lisis atau pada fase pertumbuhannya.

Mekanisme ini mempunyai pengaruh positif terhadap tersedianya karbohidrat dapat terfermentasi (fermentable carbohydrate) bagi bakteri rumen, terutama apabila tidak terdapat lagi karbohidrat dalam makanan misalnya pada saat ternak beristirahat. Meskipun demikian apabila didalam rumen terdapat kandungan gula yang terlarut sangat tinggi, kelompok Holotricha akan terus memangsa senyawa tersebut hingga pada saat sel ciliata pecah karena tidak terdapatnya kontrol mekanisme pembatas konsumsi.

Beberapa spesies Holotricha yang penting antara lain:

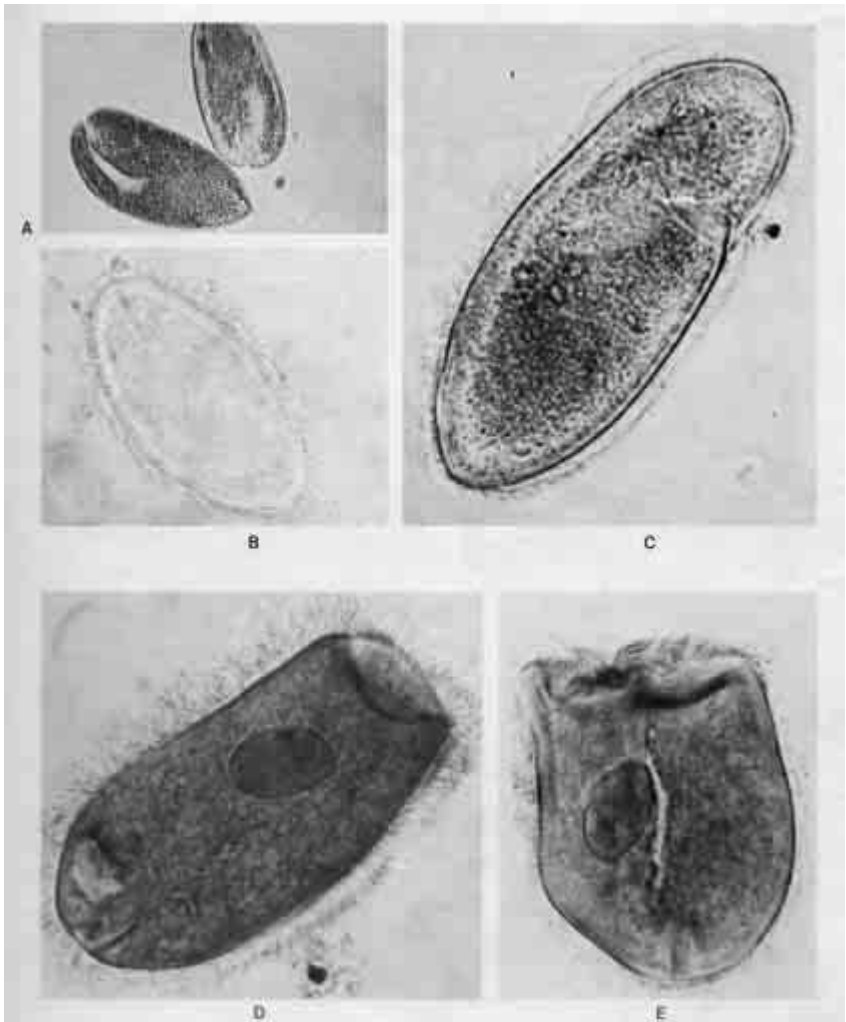
Isotricha intestinalis

Isotricha prostoma

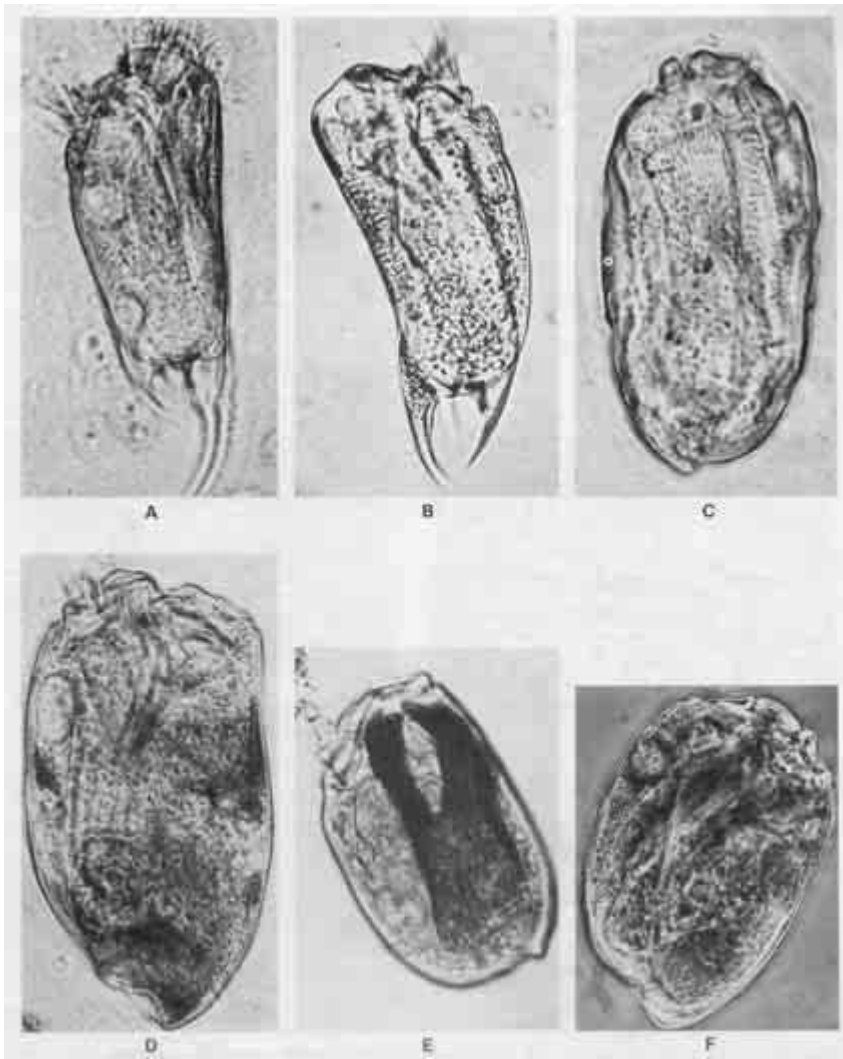
Dasytricha ruminantium

Baik Holotricha maupun Oligotricha secara aktif memangsa bakteri, bahkan beberapa Holotricha besar juga memangsa Oligotricha kecil. Selain daripada itu diantara mereka dari suatu jenis/spesies juga terjadi kanibalisme. Sebagian besar protozoa dengan cepat akan memangsa dan menghidrolisis bermacam-macam protein dengan menghasilkan amoniak berasal dari kelompok amida dan akan melepaskan asam-asam amino serta peptida-peptida.

Apabila dibandingkan dengan bakteri, populasi protozoa rumen sangat bervariasi besarnya (jumlahnya) dari nol sampai 5×10^6 per ml isi rumen. meskipun demikian pada umumnya jumlah yang terdapat didalam rumen berkisar antara 0,2 - $2,0 \times 10^6$ per ml (Church, 1966). Contoh ragam morfologi Ciliata rumen yang tergolong Holotricha disajikan pada Gambar 45, dan yang tergolong Oligotricha disajikan pada Gambar 46 berikut.



Gambar 45. Ragam species Ciliata yang tergolong Holotricha. A, *Isotricha intestinalis*; B. Species protozoa yang sama dengan aktivitas cilia; C, *Isotricha intestinalis*; D dan E *Buetschilia parva* (Church, 1969).



Gambar 46. Ragam species kelompok Oligotricha. A, *Epidinium ecaudatum*; B, *Epidinium ecaudatum*; C *Ostracodinium rugoloritacum*; D, *Eudiplodinium magii*; E. *Ostracodinium triloritacum*; F. *Polyplastron multivesiculatum* (Church, 1969)

3). Jamur Rumen

Jamur memiliki peran dalam fermentasi rumen yaitu sebagai pencerna pakan berserat, karena jamur membentuk koloni pada jaringan selulosa pakan. Rizoid jamur tumbuh jauh menembus dinding

sel tanaman sehingga pakan lebih terbuka untuk dicerna oleh enzim bakteri rumen (Kamra, 2005).

Sebagaimana diuraikan oleh Trinci et al. (1994) bahwa awal penemuan jamur rumen ini melalui sejarah panjang yaitu saat Braune (1913) dan Hsuing (1930) mendiskripsi *Callimastix frontalis* dan *C. equi* sebagai protozoa. Mikroba yang pertama kali diisolasi dari caecum kuda ini memiliki polyflagella dan dikelompokkan ke dalam satu genus dengan parasit copepoda air tawar, sedangkan *C. jolepsi* ditemukan di dalam tubuh keong air tawar. Jenis lain yang ditemukan di dalam rumen serta memiliki monoflagella dikelompokkan ke dalam genus *Piromonas* dan *Sphaeromonas*. Namun Weissenberg (1950) berkesimpulan bahwa *C. cyclopsis* mungkin bukan dari jenis protozoa melainkan adalah spora kembara (zoospora) dari jamur. Pendapat ini didukung oleh Vavra dan Joyon (1966) ketika mereka menemukan bagian vegetatif jamur yang berupa thallus. Oleh karena itu Vavra dan Joyon mengelompokkan jenis yang memiliki poliflagella, *Callimastix frontalis* ke dalam genus baru protozoa *Neocallimastix* dan memberikan nama *Neocallimastix frontalis*.

Sampai dengan tahun 1977 jamur rumen masih belum banyak menarik perhatian para ahli untuk menelitinya. Clarke (1977) misalnya dalam salah satu bab yang berjudul "The Gut and Its Microorganisms" hanya menyebut ragi (yeast) dan kapang (moulds) sebagai jamur dan dijumpai rumen. Demikian pula disebutkan bahwa kedua jenis jamur tersebut hanya lewat/singgah transients) di saluran pencernaan hewan ruminansia. Hal ini menunjukkan bahwa pembiakan kedua jenis jamur tersebut dengan simulator kondisi di dalam rumen tidak menghasilkan pertumbuhan. Para ahli selama ini lebih banyak menggunakan cairan rumen dalam meneliti mikrobiologinya dibandingkan dengan mengamati apa sebenarnya yang terdapat pada digesta rumen.

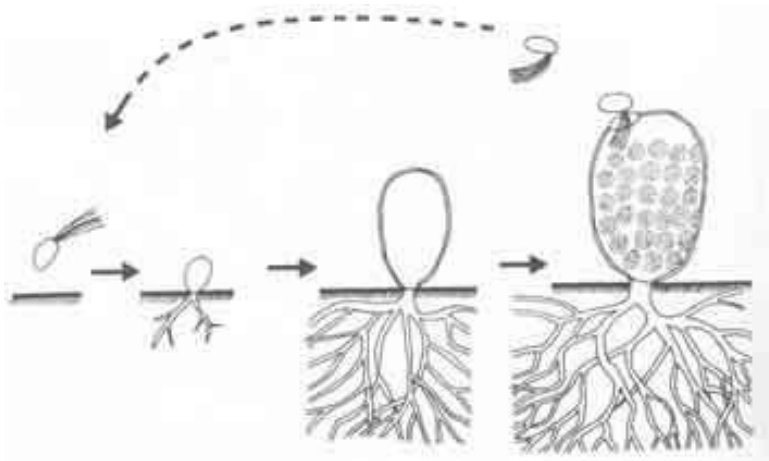
Disamping itu belum pernah ada laporan tentang jamur anaerobik sebagaimana kondisi di dalam rumen. Kenyataan ini menjadi berubah setelah Orpin (1978) melaporkan bahwa mikroorganisme yang selama ini dianggap sebagai flagelata diduga adalah spora kembara (zoospores) dari *Phycomycetes* (jamur primitif). Dugaan ini dibuktikan dengan bantuan mikroskop elektron oleh Bauchop (1979) bahwa pada digesta herbivora (domba, sapi, kuda, impala, kangaroo, gajah) terdapat bentuk mikroorganisme yang mirip dengan *phycomycetes* dengan struktur umum terdiri dari hypha dan thallus (Gambar 47) yang merupakan bentuk vegetatif-generatif dari satu siklus hidup jamur *phycomycetes*. Sedangkan sel kembara yang dianggap sebagai flagelata selama bertahun-tahun memang hidup pada cairan rumen sampai menemukan partikel tanaman yang akan digunakan sebagai media

tumbuh. Siklus kehidupan jamur anaerobik rumen diilustrasikan secara sederhana oleh Bauchop (1981) pada Gambar 48. Namun pada perkembangan selanjutnya siklus hidup jamur anaerobik ternyata memiliki keragaman diantara genus atau species yang ada. Untuk memberikan gambaran tentang siklus hidup beragam jamur anaerobik tersebut dapat dilihat pada Gambar 48 dan 49 berikut.

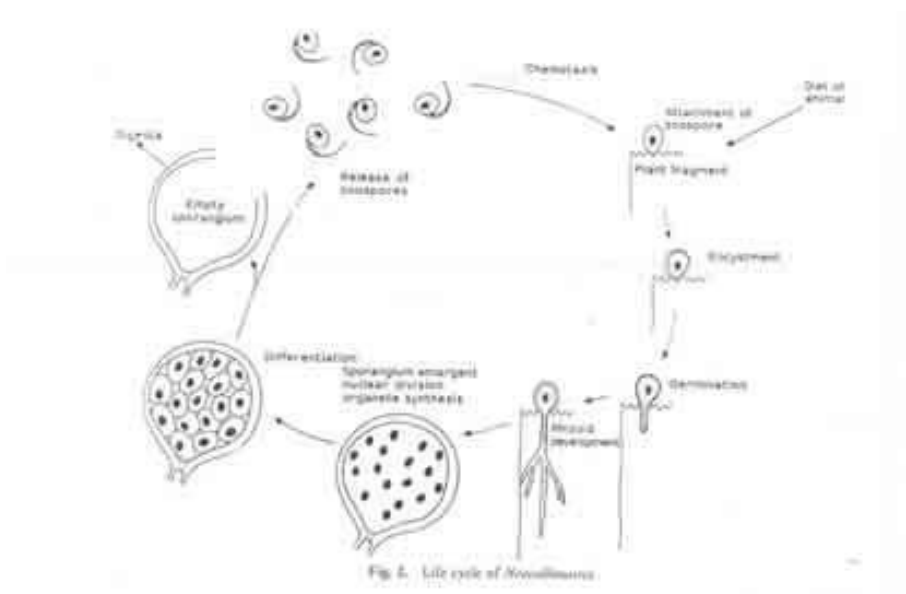


Gambar 47. Morfologi jamur anaerobik rumen dilihat dengan mikroskop elektron (www.google.co.id)

Kenyataan bahwa mikroorganisme ini selalu banyak terdapat dalam rumen ternak ruminansia yang diberi ransum basal dengan kandungan serat kasar tinggi (misalnya jerami), menunjukkan bahwa mikroorganisme ini mempunyai peranan penting dalam pencernaan serat kasar. Salah satu ciri khas jamur rumen ini bila dibandingkan dengan jenis jamur lainnya adalah kebutuhannya akan kondisi absolut anaerobik (strictly anaerobic) untuk pertumbuhan dan terbentuknya senyawa hidrogen (H_2) dalam proses fermentasi selulosa. Siklus kehidupan mikroorganisme ini dilaporkan berlangsung antara 24 – 30 jam, menandakan bahwa jamur rumen sangat erat kaitannya dengan material yang sukar dicerna.



Gambar 48. Siklus hidup jamur anaerobik rumen (Bauchop, 1981)



Gambar 49. Siklus hidup genus *Neocallismatix* (Orpin and Joblin, 1988)

- **Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Populasi Mikroba Rumen**

Beberapa faktor telah diketahui sebagai kendala terhadap populasi mikroba rumen. Faktor-faktor tersebut antara lain: suhu, komposisi gas, pengaruh osmotik dan ionik, keasaman, tersedianya nutrisi dan keluarnya cairan atau masuknya aliran ke rumen (Rutledge, 1994).

Lambung ruminansia secara umum dapat dipandang sebagai wahana yang ideal bagi pertumbuhan mikroorganisme karena adanya faktor:

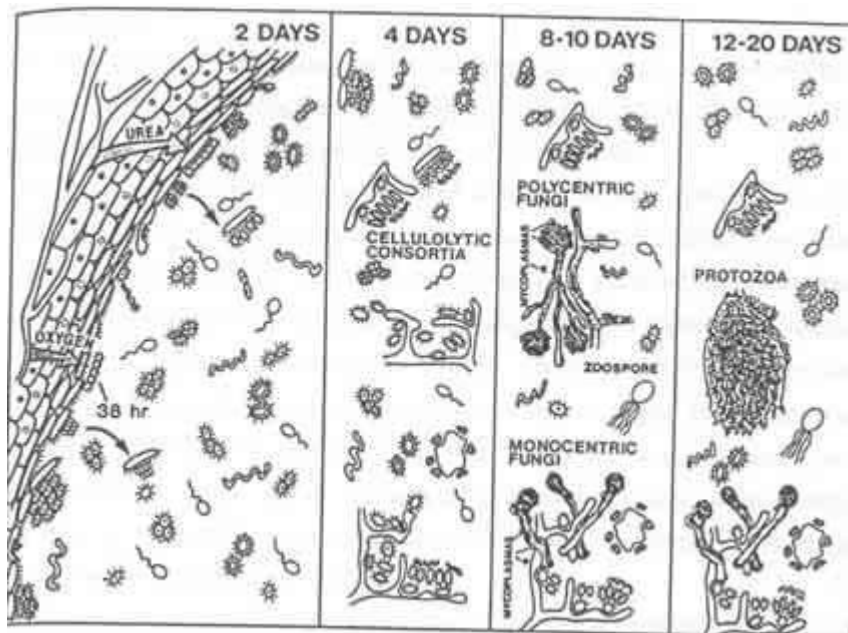
- ukuran lambung besar
- tersedianya substrat secara kontinyu
- percampuran makanan selalu terjadi
- kontrol terhadap keasaman (pH) lambung dapat dilakukan dengan melalui buffering action dari saliva serta dinding rumen
- terjadinya pembuangan zat-zat terlarut yang dapat menghambat proses metabolisme dan adanya pembuangan bahan padat ke bagian saluran pencernaan lainnya.

Hewan yang bersangkutan hanya dapat mengatur aktivitas mikroba rumen dalam keterbatasan kemampuan yang dimiliki seperti disebutkan diatas. Oleh karena itu faktor-faktor lainnya ditentukan oleh kondisi fisiologis pertumbuhan serta adanya interaksi antara mikroba rumen seperti: sinergisme, penghambatan dan kompetisi diantara spesies atau dengan mikroorganisme lainnya.

Pada awal perkembangannya komposisi mikroba di dalam rumen pada hewan yang baru lahir sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor yang komplek dan tergantung pada lingkungan mikro kimia yang dipengaruhi oleh jenis pakan yang dikonsumsi. Segera setelah terbentuk maka komposisi mikroba rumen akan sangat stabil kecuali terjadi perubahan komposisi pakan. Patron suksesi yang kompleks pada hewan yang baru lahir meliputi konsorsium mikroba yang dibutuhkan sepanjang kehidupannya (seperti misalnya pentingnya keberadaan bakteri pencerna serat kasar) ditemukan dalam populasi bakteri sejak hewan tersebut berusia 4 hari. Pada kondisi khusus dimana tidak terdapat suksesi ekologis seperti pada hewan gnotobiotik, kelompok individu bakteri misalnya bakteri selulolitik dapat diinokulasikan dan mampu mengkoloni permukaan jaringan namun mereka tidak dapat membentuk konsorsium fungsional yang mampu mencerna selulosa (Rao et al., 1998).

Berdasarkan hal ini maka perubahan komposisi mikroba hanya dapat dilakukan sepanjang terjadi pula perubahan nutrisi substrat

dimana populasi mikroba tersebut tumbuh. Gambar 50 berikut ini memberikan ilustrasi tentang tahapan perkembangan ekologi mikroba pada ternak ruminan yang baru lahir.



Gambar 50. Tahap perkembangan ekologi mikroba pada ternak ruminansia yang baru lahir. Dalam waktu dua hari setelah lahir, bakteri mikroaerofil dan ureolitik berasosiasi dengan epitel rumen dan mikroba lainnya mulai tumbuh di cairan rumen serta mengkoloni partikel pakan. Antara hari ke 3 dan 4, konsorsium bakteri selulolitik mulai tumbuh pada partikel pakan. Jamur monosentrik dan polisentrik mulai dapat dijumpai pada hari ke 8 dan 10. Jamur-jamur ini senantiasa tumbuh bersama konsorsium mikroba pencerna selulosa. Berbagai species protozoa mulai tampak antara hari ke 12 dan 20 dan kemungkinan mereka berasosiasi dengan konsorsium mikroba mtanogenik atau selulolitik (Cheng et al., 1991).

- Temperatur (suhu)

Temperatur rumen dikatakan normal apabila berada pada kisaran antara 39 – 41°C. Segera setelah makan, temperatur rumen biasanya akan meningkat sampai dengan 41°C, terutama selama proses fermentasi terjadi didalam rumen. Sebaliknya temperatur akan menurun sampai dibawah suhu normal bila ternak minum air dingin. Kondisi ini akan dapat mempengaruhi populasi mikroba rumen terutama pada spesies-spesies tertentu yang sangat peka terhadap perubahan temperatur lingkungan. Protozoa rumen dilaporkan sebagai mikroorganisme yang tidak dapat bertahan hidup pada suhu diatas 41°C (Hungate, 1966). Demikian pula penurunan suhu rumen dibawah suhu normal setelah hewan minum air dingin akan mempengaruhi aktivitas mikroba ini.

- Keasaman (pH)

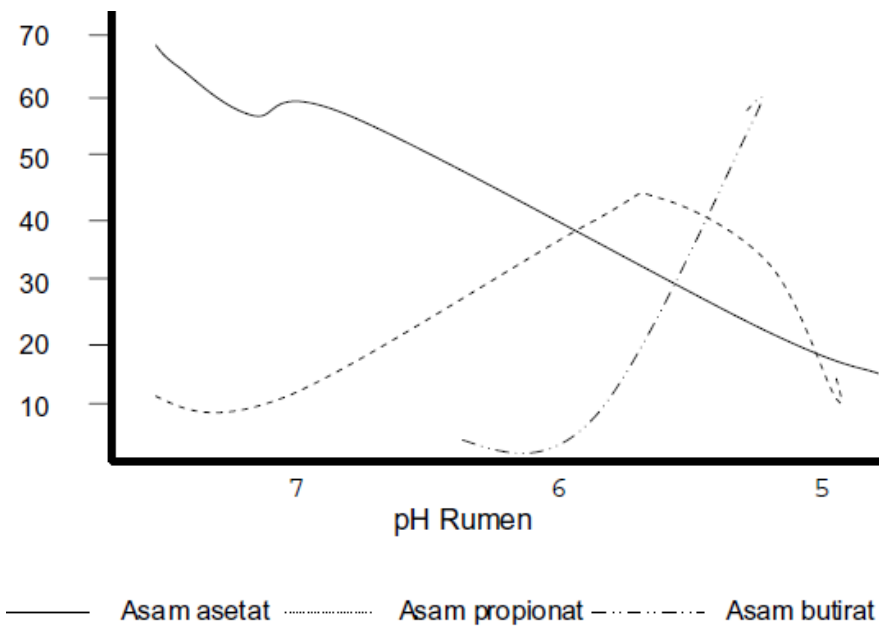
Dalam kondisi anaerobik serta suhu diantara 39 – 40°C, keasaman rumen berkisar antara 5,5 - 7,0. Keasaman lambung atau rumen dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti macam pakan serta waktu setelah makan. Macam pakan akan mempengaruhi hasil akhir fermentasi, yaitu asam lemak terbang (VFA) serta konsentrasi bikarbonat dan fosfat yang disekresikan oleh hewan yang bersangkutan dalam bentuk saliva.

Konsentrasi VFA pada umumnya menurun dengan meningkatnya keasaman rumen. Untuk menjaga agar pH rumen tidak menurun atau meningkat secara drastis maka perlu adanya hijauan didalam ransum dalam proporsi yang memadai (\pm 40% dari total ransum atau dengan kadar serat kasar sekitar 20%) dimana 70 % dari serat kasar ini harus dalam bentuk polisakarida berstruktur untuk dapat merangsang produksi saliva selama proses ruminasi (Cheng, et al., 1991).

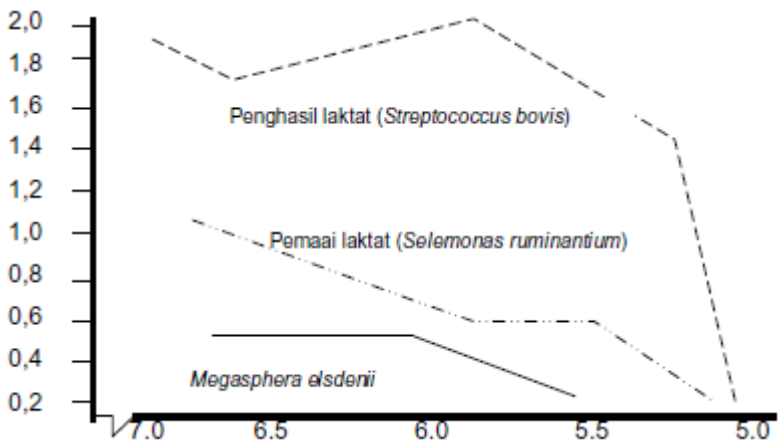
Skema pengaturan pH didalam kaitannya dengan macam pakan yang diberikan dapat dilihat pada Gambar 51. Akibat terjadinya perubahan keasaman rumen, komposisi mikroba akan berubah. Apabila pH rumen mendekati 6, jumlah bakteri asam laktat (misalnya gram positif batang) akan meningkat sehingga konsentrasi asam laktat didalam rumen akan meningkat. salah satu spesies bakteri yang tahan terhadap keadaan keasaman rumen yang rendah adalah *Megasphaera elsdenii* (lihat Gambar 52 dan Gambar 53).

Protozoa rumen sangat sensitif terhadap perubahan pH dan akan mati pada pH rumen dibawah 5,5. Jamur rumen

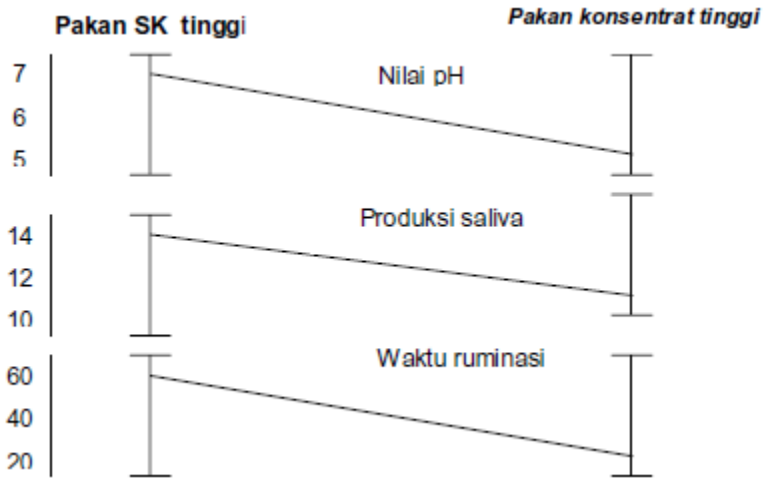
perkembangbiakannya (zoosporogenesis) juga terlambat apabila pH rumen kurang atau diatas 6,5.



Gambar 51. Diagram skematis fermentasi didalam rumen sebagai akibat perubahan keasaman (pH) (Curch, 1991).



Gambar 52. Pengaruh perubahan pH terhadap pertumbuhan beberapa jenis mikroba penghasil dan pemakai laktat (Brusel et al. 1979)



Gambar 53. Skema pengaturan pH dalam rumen dalam kaitannya dengan macam pakan yang diberikan (Kaufmann et al, 1979)

- Komposisi Gas

Komposisi gas didalam rumen kurang lebih terdiri dari 63-63,35 % CO_2 ; 26,76-27 % CH_4 ; 7 % N_2 dan sedikit H_2S , H_2 dan O_2 . Karena kondisi anaerob didalam rumen merupakan faktor yang sangat penting maka produksi CO_2 pada proses fermentasi sangat menentukan terciptanya kondisi anaerob. Meskipun O_2 juga dijumpai didalam rumen terutama pada bagian saccus dorsalis, tekanan O_2 pada digesta rumen sangat kecil. Oksigen yang masuk ke dalam rumen melalui proses menelan akan segera digunakan oleh bakteri-bakteri fakultatif anaerobik seperti *Sterptococcus bovis*.

Peranan hidrogen dalam proses produksi methana adalah sebagai sumber elektron, sehingga rendahnya kadar H_2 didalam rumen merupakan petunjuk adanya aktivitas menggunakan H_2 untuk mengurangi CO_2 menjadi CH_4 . Disamping itu, karena untuk membentuk 1 mol CH_4 diperlukan 4 mol H_2 , maka laju penggunaan H_2 adalah empat kali laju produksi methana, sehingga H_2 didalam rumen tidak pernah terakumulir.

Meskipun kadar nitrogen didalam rumen sangat rendah, beberapa jenis bakteri memerlukan unsur N untuk pertumbuhannya. sumber utama nitrogen untuk bakteri adalah amonia (NH_3), peptida dan asam amino dari makanan.

- Tekanan Permukaan

Tekanan permukaan cairan rumen biasanya diantara 45 - 59 dynes/cm. Belum banyak informasi yang diperoleh tentang pengaruh tekanan permukaan terhadap perubahan populasi mikroba rumen. Namun demikian kasus terjadinya kembung (bloat) adalah erat kaitannya dengan perubahan tekanan permukaan. Demikian pula perubahan tekanan permukaan telah diketahui dapat mempengaruhi tekanan permukaan seperti protein dan lemak makanan serta cairan empedu. Dari faktor-faktor tersebut cairan empedu merupakan faktor dominan karena kemampuannya dalam menghasilkan unsur detergent yang bersifat racun terhadap bakteri.

- Variasi Harian

Konsentrasi mikroba rumen akan berfluktuasi sepanjang hari. Beberapa faktor penyebabnya antara lain: makanan, kelaparan (starvation) dan pengenceran (dilution rate) cairan rumen. Fluktuasi protozoa mungkin erat kaitannya dengan perubahan pH rumen disamping faktor lainnya.

- Nutrisi

Secara umum kebutuhan nutrisi mikroba rumen dapat dibagi menjadi dua, yaitu:

1. sebagai sumber enersi
2. sebagai sumber untuk melakukan biosintesis

Energi yang diperlukan mikroba diperoleh dari proses fermentasi polimer tanaman terutama selulosa dan pati dengan menghasilkan VFA, CH_4 dan CO_2 . Sedangkan untuk proses biosintesis diperoleh dari protein yaitu dari unsur-unsur C, H, O, N dan S.

a). Pakan

Komposisi pakan sangat menentukan terhadap hasil akhir fermentasi serta laju pengenceran (dilution rate) isi rumen. Jika ransum basal mengandung serat kasar tinggi maka bakteri selulolitik akan dominan karena kehadirannya menentukan terjadinya proses fermentasi selulosa. Sebaliknya protozoa akan berkurang jumlahnya. Jamur rumen karena sifatnya adalah selulolitik akan meningkat jumlahnya pada kondisi ini. Keadaan yang sebaliknya akan terjadi jika proporsi konsentrat meningkat dalam pakan.

b). Frekuensi Pemberian Pakan

Dengan meningkatnya frekuensi makan (karena bertambahnya frekuensi suplai makan) fluktuasi pH rumen akan berkurang. Hal ini akan meningkatkan populasi mikroba. Peningkatan populasi protozoa dari $1,15 \times 10^6$ menjadi $3,14 \times 10^6$ telah dilaporkan jika frekuensi pemberian pakan ditingkatkan dari satu kali menjadi empat kali sehari.

c). Tingkat Konsumsi

Konsumsi sukarela (voluntary intake) ransum dapat ditingkatkan tiga sampai empat kali kebutuhan hidup pokok apabila konsentrat diberikan dalam ransum. Dengan meningkatnya konsumsi, volume rumen dan sekresi saliva ke rumen serta laju pengeluaran digesta dari rumen akan meningkat.

- Faktor-Faktor Lain

a). Pemberian Bahan Kimia

Pemberian antibiotika dalam ransum akan menurunkan populasi bakteri. Demikian pula pemberian bahan detergent akan dapat mematikan protozoa. Bahan detergent seperti Manoxol OT, Aerosol OT dan Alkanate lazim digunakan sebagai bahan untuk defaunasi. Bahan anti jamur seperti Actidions juga telah dilaporkan dapat mematikan jamur rumen, meskipun penelitian lain gagal menggunakan Actidions untuk menghilangkan jamur dari dalam rumen.

b). Pengaruh Individu Ternak

Tiap individu mempunyai variasi jenis dan jumlah mikroba yang berbeda. Hal ini mungkin disebabkan karena adanya perbedaan dalam hal tingkah laku makan dan minum atau adanya perbedaan dalam hal volume rumen serta laju pengeluaran isi rumen ke alat pencernaan lainnya.

c). Kompetisi Makanan

Seperti dijelaskan sebelumnya bahwa mikroba rumen membutuhkan zat-zat esensial tertentu untuk pertumbuhan. Penggunaan polisakarida oleh protozoa akan berakibat pengurangan substrat bagi bakteri sehingga populasi bakteri pemakai polisakarida akan menurun bila kondisi ini terjadi di dalam rumen.

Interaksi Antara Mikroba Dalam Rumen

Populasi mikroba sangat bervariasi tergantung pada jenis hewan, diantara hewan yang sama ada kemungkinan pada daerah (negara) yang berbeda meskipun dengan jenis makanan yang sama. Meskipun demikian hasil akhir fermentasi relatif sama. Kesemuanya ini tergantung pada jenis interaksi yang terjadi antar mikroba didalam rumen.

a. Interaksi Antar Bakteri

Interaksi antar bakteri terjadi baik pada bakteri yang terdapat/menempel pada partikel digesta maupun yang terdapat pada ephitelium rumen. Bentuk hubungan ini biasanya bersifat mutualisme dimana hasil fermentasi oleh satu jenis bakteri akan digunakan oleh bakteri jenis lainnya untuk pertumbuhannya.

Contoh hubungan ini adalah proses fermentasi selulosa menjadi VFA dimana terjadi interaksi antar bakteri penghasil hidrogen dan bakteri pemakai hidrogen. Jenis interaksi ini hampir seluruhnya menguntungkan, sehingga sangat kecil kemungkinan untuk dilakukan manipulasi akan interaksi yang ada kecuali penghambatan methanogenesis.

b. Interaksi Antara Protozoa-Bakteri

Telah banyak bukti yang menunjukkan bahwa interaksi antara protozoa dan bakteri didalam rumen lebih bersifat kompetitif. Protozoa memangsa bakteri yang terdapat pada cairan rumen dan mencernanya sebagai sumber asam amino bagi pertumbuhannya, akibatnya biomassa bakteri akan berkurang sehingga alju kolonisasi partikel makanan didalam rumen akan berkurang pula.

Pengaruh ini mungkin kurang nyata pada ternak ruminansia dengan pakan basal yang mengandung banyak partikel terlarut misalnya gula, pati dan sebagainya. Akan tetapi jika pakan basal adalah limbah pertanian, maka pengaruh penurunan biomassa bakteri akibat dimangsa oleh protozoa akan kelihatan nyata sekali dengan diperpanjangnya lag phase yakni suatu keadaan dimana tidak terjadi pencernaan sama sekali.

Kehadiran protozoa dalam jumlah/populasi tinggi akan membantu pencegahan terjadinya acidosis apabila ransum basal berupa gula terlarut atau pati, karena protozoa akan menelan partikel gula dan pati sehingga fermentasi kedua senyawa oleh bakteri tersebut dapat ditunda sampai senyawa tersebut dilepas kembali pada saat terjadinya lysis atau pecahnya sel protozoa akibat terlalu banyak menyimpan amilopektin.

Diperkirakan tiap ekor protozoa dapat memangsa bakteri dengan kecepatan antara 130 - 21200 bakteri/protozoa/jam pada kondisi kepadatan bakteri 10^9 sel/ml. Pencernaan bakteri dalam sel protozoa dapat berkisar antara 345 - 1200 bakteri/protozoa/jam. Jumlah ini akan setara dengan 2,4 - 45 % bakteri bila konsentrasi protozoa mencapai 10^6 /ml isi rumen domba (Rao et al., 1998).

Jenis Entodinium dan protozoa besar lebih selektif dalam memangsa bakteri dan lebih menyukai aneka spesies bakteri. Sementara itu spesies Entodinia memangsa bakteri selulolitik jauh lebih cepat daripada bakteri jenis lainnya. Kondisi optimal terjadinya predasi adalah pH rumen sekitar 6,0 dan akan menurun apabila pH lebih tinggi atau lebih rendah dari 6,0 (Ratledge, 1994).

c. Interaksi Antara Bakteri-Jamur dan Protozoa

Populasi jamur rumen (zoospores) telah dilaporkan meningkat setelah defaunasi (menghilangkan protozoa dari rumen) oleh beberapa peneliti seperti terlihat pada Tabel 6. Sebagai akibat meningkatnya populasi jamur rumen setelah proses defaunasi, daya cerna serat kasar akan meningkat secara nyata 6 - 10 unit/24 jam. Disamping itu jumlah bakteri juga meningkat apabila protozoa dihilangkan dari rumen sehingga pada kondisi pakan dengan kandungan protein rendah tapi kandungan enersi tinggi, diperoleh kenaikan produksi wool serta bobot badan (Church et al., 1991).

Hasil penelitian ini sangat bertentangan dengan pendapat sebelumnya yang melaporkan bahwa faunated-animals tumbuh lebih baik daripada defaunated-animals. Kesenjangan ini terjadi hanya karena adanya perbedaan pakan basal yang digunakan dalam penelitian yaitu pada penelitian terdahulu dipakai pakan dengan kadar protein tinggi, sedangkan penelitian yang berikutnya menggunakan pakan basal limbah pertanian.

Rangkuman dari beberapa hasil penelitian oleh Ushida et al. (1991) menyatakan bahwa defaunasi memberikan pengaruh positif terhadap efisiensi penggunaan energi yang digunakan untuk proses sintesis protein mikrobial. Meskipun demikian peningkatan laju aliran protein mikroba ke dalam duodenum diperoleh melalui proses multiplikasi hasil protein mikroba akibat meningkatnya jumlah bahan organik yang terfermentasi di dalam rumen.

Oleh karena itu jika defaunasi tidak memberikan pengaruh terhadap peningkatan jumlah bahan organik terfermentasi di dalam rumen, maka meskipun defaunasi yang dilakukan memberikan peningkatan efisiensi penggunaan energi oleh mikroba, maka pengaruh

keseluruhan defaunasi menjadi tidak tampak dan berakibat pada penurunan laju aliran protein mikroba ke dalam duodenum. Oleh karena itu di dalam meneliti manfaat defaunasi tidak cukup hanya mengukur perubahan pencernaan pakan di dalam rumen namun juga perlu dilihat perubahan komposisi asam lemak terbang (VFA) akibat defaunasi. Untuk memberikan ilustrasi tentang manfaat defaunasi terhadap efisiensi sintesis protein mikroba serta laju aliran protein mikroba ke duodenum data pada Tabel 7 berikut ini disajikan.

Dari uraian diatas dapat disimpulkan bahwa interaksi antar mikroba rumen sangat kompleks dan tidak menguntungkan bagi hewan inang. Protozoa dengan populasi yang besar akan mengurangi produktivitas ternak, melalui penurunan ratio antara asam amino dengan enersi pada hasil pencernaan yang terserap. Hal ini disebabkan kehadiran protozoa dalam jumlah besar akan mengurangi biomassa bakteri dan juga jamur didalam rumen ternak yang diberi pakan basal limbah pertanian atau dengan kadar serat kasar tinggi. Dalam kondisi ini laju pencernaan serat kasar akan menurun.

Tabel 6. Interaksi antara Protozoa dan Jamur dalam Rumen

Ransum basal				
	wheat straw (1)	ammoniated wheat straw (2)	wheat straw (1)	padang rumput (3)
Populasi zoospore (... x 10 ³ /ml cairan rumen				
• Faunasi animals	3	7	4	7
• Defauned animals	17	16	12	30

Sumber: Church et al., 1991

Tabel 7. Pengaruh Defaunasi terhadap Siuntesis Protein Mikroba

Pakan (%)	Aliran protein mikroba ke duodenum (gN/hari)		Efisiensi sintesis protein mikroba (gN/kgOMDR)	
	Faunasi	Defaunasi	Faunasi	Defaunasi
Alfalfa (100)	12	14	37	50
Red clover	18	19	53	60
Alfalfa + beet pulp (75/15)	14	18	-	-
NaOH-TS + beet pulp (75/15)	16	16	-	-
Hay + konsentrat (50/50)	12	15	50	57
Hay + konsentrat (50/50)	10	17	18	41
Corn stover + tetes + jagung (46/10/30)	8	16	27	43
Alfalfa hay + barley (65/30)	12	18	27	61
NaOH-TS + beet pulp (83/17)	15	19	37	59
NH3-TS (90)	6	8	18	26
NH3-TS + jagung (70/20)	6	9	18	33

Sumber: Ushida *et al.*, 1991

8.2. Mikroba Pada Saluran Pencernaan Ternak Non Ruminansia

Saluran pencernaan ternak merupakan tempat persembunyian (tempat hidup) mikroflora yang segera terbentuk setelah dilahirkan. Mikroflora indigenous dewasa akan menjadi barrier (pembawa) koloni mikroorganisme pathogen seperti *Salmonella* dan *E. coli*. Mikroflora yang menyokong kesehatan hewan terdiri dari berbagai macam spesies mikroorganisme seperti *Lactobacillus*, *Bifidobacterium* dan *Bacteroides* yang sebagian besar merupakan mikroorganisme yang predominan. Semua mikroba tersebut 90%-nya tergolong flora. Kelompok lainnya adalah *Enterobacteriaceae*, *Enterococcus*, dan *Clostridium*. Dalam kesehatan hewan, rasio jumlah mikroorganisme pada kelompok bakteri tersebut adalah penting (Scot et al., 1982).

Digestin mikroba terjadi di tembolok dan bagian bawah ileum sampai kaecum terdapat banyak mikroorganisme (*lactobacilli*) berguna untuk memecah karbohidrat, protein dan gula yang lolos oleh enzim. Caeca mempunyai populasi bakteri yang terbesar dan bertindak sebagai kamar fermentasi. Hasil utama pada fermentasi adalah asam lemak volatile, terutama asam asetat, asam propionate, CO_2 , dan methane dan beberapa vitamin diserap oleh caeca (Scot et al., 1982).

Diketahui bahwa mikroflora saluran pencernaan hewan dapat saling berpengaruh, misalnya oleh ingesti mikroorganisme lainnya. Hasil perlakuan tersebut dapat merubah jumlah keberadaan mikroorganisme, menghasilkan lingkungan yang cocok bagi bagi kolonisasi mikroba, yang pada akhirnya berpotensi bagi berkembangnya mikroorganisme pathogen. Pada ternak babi penggunaan satu atau dua mikroorganisme yang berbeda dapat berpengaruh terhadap keuntungan usaha.

Diantara mikroba pathogen *Salmonella* dan *Campylobacter* diperkirakan merupakan masalah serius pada unggas, juga *E. coli* pada babi (sama halnya dengan strain pathogen pada manusia). Pada perusahaan peternakan moderen penggunaan vaksin dan antimicrobial dapat menghasilkan lingkungan yang lebih cocok bagi perkembangbiakan (kolonisasi) mikroba pathogen. Mekanisme kolonisasi mikroorganisme, seperti juga halnya dengan interaksi metabolic dalam saluran pencernaan kurang dimengerti dan penelitian masa yang akan datang dapat mengkhususkan pada aspek ini.

Tabel 8. Penggolongan Kelompok Bakteri dalam Saluran Pencernaan ternak Non Ruminansia

KELOMPOK BAKTERI JAHAT (30%)	KELOMPOK BAKTERI NETRAL/OPORTUNIS (50%)	KELOMPOK BAKTERI BAIK (20%)
Clostridia Proteus Pseudomonas Staphylococci Vellionella	Anaerobic cocci (G+) Bacteroides Enterobacter Eubacteria Fusobacteria E. coli	Bifidobacteria Lactobacilli Methanogens
Bakteri oportunist akan berubah menjadi bakteri jahat jika populasi bakteri jahat meningkat	EUBIOSIS (keseimbangan mikroflora)	Bakteri oportunist akan berubah menjadi bakteri baik jika populasi bakteri baik meningkat

Sumber: Anonim, 2011

Jika bakteri baik terdapat dalam jumlah yang cukup, bakteri jahat akan ditekan pertumbuhannya dan bakteri oportunist akan menjadi bakteri baik. Jika mikroorganisme baik jumlahnya turun, jumlah bakteri jahat akan bertambah dan bakteri oportunist akan berubah menjadi bakteri jahat.

Mengingat bakteri oportunist merupakan kelompok dominan (50%) yang bisa berubah menjadi baik maupun jahat, tugas peternak adalah memastikan bakteri oportunist tetap menjadi baik.

Populasi bakteri baik dapat dipertahankan atau ditingkatkan dengan memberikan substrat selektif untuk pertumbuhan mikroba (prebiotik) atau secara berkala memberikan tambahan kultur mikroba hidup yang terbukti menguntungkan bagi ternak (probiotik).

Faktor yang mempengaruhi kolonisasi mikroorganisme, dapat dikelompokkan menjadi :

1. Fraktor yang berhubungan dengan inangnya (suhu tubuh, pH, dan tingkat potensioksidasi reduksi, asam lambung, enzim, dan antibodi).
2. Faktor yang berhubungan dengan interaksi mikroba (efek antagonistik, bakteriofag, bakteriosin).
3. Makanan dan faktor lingkungan (seperti manosa, laktosa, dan karbohidrat lainnya dan atau serat makanan serta faktor stress lingkungan).

Penggunaan probiotik dan produk mikroflora kompetitif dapat mempengaruhi faktor-faktor tersebut diatas. Salah satunya adalah keberhasilan produk mikroflora kompetitif dalam menyerang Salmonela dan clampylobakter pada unggas yang telah digambarkan dalam literature ini. Namun pengetahuan megenai mekanismenya belum jelas dan disertai dengan hasil penelitian yang tidak dapat diprediksi.

Misalnya ayam, tidak membutuhkan mikroorganisme selulolitik dalam jumlah yang tinggi seperti pada ruminansia (sapi, kambing, domba) karena makanan utama ayam bukan bahan-bahan yang tinggi selulosa seperti rumput. Mikroorganisme selulolitik dalam jumlah tinggi dibutuhkan pada ternak pemakan rumput seperti sapi, kambing, domba, dan sebagainya. Oleh karena itu, ayam atau unggas tidak cocok diberi probiotik untuk ruminansia atau probiotik yang berasal dari perut ruminansia.

- Potensi Bakteri Tertentu dalam Saluran Pencernaan sebagai Antibiotik dan Anti Bakteri

Dari sekian banyak manfaat keberadaan bakteri, satu hal yang menakjubkan adalah kemampuan/potensi bakteri yang bermanfaat sebagai antibiotik, antibakteri, antiviral, dan antifungal. Beberapa strain lactobasilus menghasilkan antibiotik yang dapat membunuh bakteri melalui penjagaannya dari serangan bakteri yang berbahaya. Cara lainnya adalah melalui kerja proteksi dengan menghambat pertumbuhan dan aktivitas mikroorganisme tanpa membunuhnya seperti halnya antibiotik. Dalam aktivitas proteksi ini juga termasuk memproduksi asam dan hidrogen peroksida (H₂O₂). Sebagai bukti aktivitas proteksi dalam saluran pencernaan, Tabel 9 berikut ini dapat dilihat beberapa antibiotik alami yang dihasilkan oleh bakteri :

Tabel 9. Beberapa Organisme Bakteri dan “Antibiotic” yang Dihasilkannya

Organisme	Antibiotik yang dihasilkan
<i>Streptococcus lactis</i>	Nisin
<i>Lactobacillus brevis</i>	Lactobrevin
<i>Lactobacillus</i>	Acidolin ; Acidophilin Lactobaccilin Lactocidin
<i>Lactobacillus plantarum</i>	Lactolin
<i>Lactobacillus bulgaricus</i>	Bulgarican
<i>Bifidobacterium bifidum</i>	Bifidin

Sumber: Abun, 2008.

Populasi mikroorganisme yang ada di dalam saluran pencernaan ada dua macam, yaitu bakteri yang berkoloni di dalam saluran pencernaan itu sendiri (autochonus) (Gusils et al., 1999) dan bakteri yang berasal dari luar tubuh ternak dan hidup di dalam saluran pencernaan (allochonus). Kelompok bakteri yang kedua ini biasanya ditambahkan ke dalam ransum atau air minum ternak sebagai imbuhan pakan (Feed Additive) (Patterson and Burkholder, 2003). Ahli makanan ternak (Nutrisionis) memberikan istilah pada mikroba yang dijadikan imbuhan pakan tersebut sebagai probiotik.

Beberapa data hasil penelitian menunjukkan, bahwa bakteri probiotik yang ditambahkan ke dalam ransum atau air minum ternak dapat mencegah infeksi dan kolonisasi patogen di dalam saluran pencernaan ternak (Fuller, 1989).

Kelompok bakteri yang dominan pada usus ayam adalah bakteri Gram positif, proteobakteri, dan Chtophagal/Flexibacter/Bakteroides. Pada bagian ileum dan sekum banyak dihuni oleh bakteri Gram positif seperti *Lactobacillus*, *Clostridia*, *Bacillus*, dan *Streptococci*. Jumlah bakteri *Bacillus* pada sekum (1,45%) dan ileum (0,67%). Akan tetapi, seiring dengan bertambahnya umur ayam broiler, jumlah *Bacillus* juga meningkat pada sekum, yaitu pada umur 14 hari (2,70%), 21 hari (4,04%) dan 28 hari (1,75%), dan umur 49 (4,04%) (Lu et al., 2003).

Disamping itu nilai pH menyebabkan populasi mikroba di dalam setiap bagian saluran pencernaan menjadi spesifik. Nilai pH pada saluran pencernaan unggas pada setiap bagian, adalah: tembolok (4.5), proventrikulus (4.4), gizzard (2.6), duodenum (5.7- 6.0), jejunum (5.8), ileum (6.3), kolon (6.3), ceca (5.7), dan empedu (5.9) (Sun, 2004). Salah satu faktor yang dapat menyebabkan turunnya nilai pH pada saluran pencernaan adalah fermentasi pakan. Misalnya pada daerah tembolok, pakan yang dikonsumsi oleh unggas berada beberapa saat di organ tersebut, sebagian dari pakan ini akan mengalami fermentasi oleh *Lactobacillus* tipe *Lactobacillus salivarius* dan menghasilkan asam laktat yang menyebabkan pH tembolok menjadi turun (Sarra et al., 1985).

Adanya gerakan peristaltik pada saluran pencernaan yang membawa pakan secara tidak langsung melalui lumen sampai pada bagian pertengahan saluran pencernaan, menjadi salah satu penyebab yang dapat mencegah mikroba menempel pada epitel usus (Savage, 1983; dalam Sun 2004). Namun, demikian beberapa mikroba yang lain dapat melekat (adherence) pada epitel saluran pencernaan, sedangkan yang lainnya dikeluarkan dari usus oleh cairan musin. Menurut Edelman et al., (2003), diantara bakteri Gram negatif yang dapat tumbuh dan melekat pada epitel tembolok, lamina propria, dan permukaan villi usus adalah *E.coli*.

Perubahan morfologi pada usus, yaitu villi yang menjadi lebih pendek dan crypts lebih dalam dapat disebabkan oleh toksin yang dihasilkan mikroba patogen yang ada pada saluran pencernaan ternak unggas (Zhang et al., 2005). Diantara mikroba patogen yang dapat menyebabkan penebalan pada dinding saluran pencernaan adalah *Clostridium perfringens*. Dampak dari penebalan saluran pencernaan adalah pertumbuhan ternak unggas terganggu sebagai akibat berkurangnya jumlah nutrient yang di absorpsi (Khaksedifi dan Ghoorchi, 2001).

Interaksi Mikroba dalam Saluran Pencernaan Ternak Unggas

Didalam saluran pencernaan terjadi interaksi antara mikroba. Salah satu bentuk interaksi yang terjadi, yaitu ketika ketersediaan nutrien terbatas. Mikroba di dalam saluran pencernaan akan saling berkompetisi dalam pemanfaatan karbon dan sumber energi yang lain (Veldkamp dan Van Gernerden, 1986). kompetisi diantara mikroba dipengaruhi oleh faktor lingkungan pencernaan seperti, konsentrasi karbon dan substrat energi, oksigen, nitrit, sulfat, sodium klorida, antibiotik, temperatur, kekuatan osmotik, dan pH (Dofing dan Gottschal, 1997).

Beberapa hasil metabolisme dari bakteri seperti konsentrasi ion hidrogen, potensi redoks, hidrogen sulfida, asam lemak terbang (VFA) dapat mejadi penghambat terhadap pertumbuhan patogen (Sun, 2004). Mikroba patogen yang ada di dalam usus halus berkompetisi dengan ternak dalam mendapatkan nutrien. Disamping itu mikroba patogen juga dapat menurunkan pencernaan lemak dan vitamin-vitamin yang larut dalam lemak dengan cara menghalangi pengaruh garam-garam empedu terhadap lemak untuk tidak bergabung (deconjugation) (Engberg et al., 2000).

Latihan:

1. Jelaskan jenis mikroorgansime apa saja yang terdapat dalam rumen!
2. Jelaskan pula jenis mikroba yang mendiami usus ternak non ruminansia pada umumnya!
3. Faktor apa saja yang dapat mempengaruhi bertambah atau berkurangnya populasi mikroba dalam saluran pencernaan ternak?
4. Jelaskan bagaimana interaksi antara mikroba dalam usus ternak non ruminansial!
5. Pada kondisi yang bagaimana populasi protozoa bisa merugikan bagi bakteri dalam rumen?

Rangkuman

Mikroba yang terdapat dalam rumen dibagi menjadi empat jenis mikroorganisme anaerob, yaitu bakteri, protozoa, fungi dan mikroorganisme lainnya seperti virus. Cacahan sel per gram isi rumen dapat mencapai 10^{10} - 10^{11} , kondisinya yang sehat populasi protozoa mencapai 10^5 - 10^6 .

Jumlah bakteri rumen bervariasi tergantung pada pakan, cara pemberian pakan, waktu pengambilan sampel setelah makan, perbedaan spesies, perbedaan individual spesies, musim, ketersediaan hijauan, dan ada atau tidaknya silia protozoa (Ensminger et al., 1990). Fermentasi mikroba terhadap serat menjadi bagian terpenting ketika berbicara tentang ternak ruminansia, oleh karena itu kebutuhan yang harus terpenuhi terlebih dahulu pada pakan ruminansia adalah kebutuhan nutrisi untuk mikroba. Tipe mikroba yang paling berperan dalam fermentasi serat adalah bakteri selulolitik dan fungi anaerobik.

Antara induk semang (ternak) dengan mikroorganisme dalam saluran pencernaannya terjadi simbiosis mutualistik. Dalam hubungan ini, induk semang menyediakan bahan untuk proses fermentasi oleh mikroorganisme untuk membangun tubuhnya, namun sementara itu terbentuk produk yang berguna bagi induk semang yang akan dipergunakan oleh si induk semang untuk proses produksi dan maintenance.

Tes Formatif:

1. Dehority (2004) menyebutkan ada beberapa hal utama yang mempengaruhi aktifitas mikroba rumen. Sebutkan!
2. Sebutkan jenis Acid Utilizer Bacteria!
3. Mengapa dikatakan lambung ruminansia merupakan wahana yang ideal bagi pertumbuhan mikroorganisme?
4. Sebutkan penggolongan kelompok bakteri dalam saluran pencernaan ternak non ruminansia!
5. Setiap organisme dalam hal ini bakteri dapat menghasilkan antibiotik tertentu. Sebutkan 3 jenis bakteri tersebut beserta antibiotik yang diproduksinya!

BAB IX

MIKROBA PADA PAKAN TERNAK

A. Gambaran Singkat Mengenai Materi Kuliah

Bab ini membahas tentang jenis mikroba yang biasa mengkontaminasi pakan ternak, bagaimana mikroba tersebut bisa mengkontaminasi pakan ternak, apa saja pengaruh kontaminasi tersebut pada ternak serta bagaimana menghindari terjadinya proses kontaminasi tersebut.

B. Pedoman Mempelajari Materi

Pahami dengan jelas isi materi mengenai jenis mikroba yang biasa mengkontaminasi pakan ternak, bagaimana mikroba tersebut bisa mengkontaminasi pakan ternak, apa saja pengaruh kontaminasi tersebut pada ternak serta bagaimana menghindari terjadinya proses kontaminasi. Selanjutnya kerjakan soal-soal latihan yang tercantum di bagian akhir dari bab ini.

C. Tujuan Pembelajaran

1. Mahasiswa mampu menyebutkan jenis mikroba yang dapat mengkontaminasi pakan ternak.
2. Mahasiswa mampu menjelaskan proses kontaminasi mikroba pada pakan ternak
3. Mahasiswa mampu menjelaskan efek kontaminasi pada ternak yang mengkonsumsi pakan tersebut.
4. Mahasiswa mampu menguraikan usaha-usaha yang praktis dilakukan untuk menghindari terjadinya kontaminasi pada pakan ternak

D. Materi Kuliah

9.1. Jenis Mikroba yang biasa Mengkontaminasi Pakan

a. Mikotoksin

Kontaminasi mikotoksin pada bahan pangan dan pakan semakin menjadi perhatian dunia karena dampaknya terhadap kesehatan manusia dan hewan. Metabolit sekunder dari kapang ini tidak hanya berbahaya bagi kesehatan, namun juga mengakibatkan kerugian ekonomi yang cukup besar dan berpengaruh terhadap perdagangan internasional.

Mikotoksin merupakan metabolit sekunder yang dihasilkan oleh spesies kapang tertentu selama pertumbuhannya pada bahan pangan maupun pakan (Fox dan Cameron, 1989). Mikotoksin mulai dikenal sejak ditemukannya aflatoksin yang menyebabkan Turkey disease pada tahun 1960. Hingga saat ini telah dikenal 300 jenis mikotoksin (Cole

dan Cox, 1981), lima jenis diantaranya sangat berpotensi menyebabkan penyakit baik pada manusia maupun hewan, yaitu aflatoxin, okratoksin A, zearalenon, trikotesena (deoksinivalenol, toksin T2) dan fumonisin. Menurut Bhat dan Miller (1991) sekitar 25-50% komoditas pertanian tercemar kelima jenis mikotoksin tersebut. Penyakit yang disebabkan karena adanya paparan mikotoksin disebut mikotoksikosis. Perbedaan sifat-sifat kimia, biologik dan toksikologik tiap mikotoksin menyebabkan adanya perbedaan efek toksik yang ditimbulkannya. Selain itu, toksisitas ini juga ditentukan oleh: (1) dosis atau jumlah mikotoksin yang dikonsumsi; (2) rute paparan; (3) lamanya paparan; (4) spesies; (5) umur; (6) jenis kelamin; (7) status fisiologis, kesehatan dan gizi; dan (8) efek sinergis dari berbagai mikotoksin yang secara bersamaan terdapat pada bahan pangan (Bahri et al., 2002).

- Aflatoksin

Aflatoksin berasal dari singkatan *Aspergillus flavus* toxin. Toksin ini pertama kali diketahui berasal dari kapang *Aspergillus flavus* yang berhasil diisolasi pada tahun 1960. *A. Flavus* sebagai penghasil utama aflatoxin umumnya hanya memproduksi aflatoxin B1 dan B2 (AFB 1 dan AFB 2). Sedangkan *A. Parasiticus* memproduksi AFB 1, AFB 2, AFG 1, dan AFG 2. *A. Flavus* dan *A. Parasiticus* ini tumbuh pada kisaran suhu yang jauh, yaitu berkisar dari 10-12°C sampai 42-43°C dengan suhu optimum 32°C-33°C dan pH optimum 6.

Diantara keempat jenis aflatoxin tersebut AFB 1 memiliki efek toksik yang paling tinggi. Mikotoksin ini bersifat karsinogenik, hepatotoksik dan mutagenik sehingga menjadi perhatian badan kesehatan dunia (WHO) dan dikategorikan sebagai karsinogenik golongan 1A. Selain itu, aflatoxin juga bersifat immunosupresif yang dapat menurunkan sistem kekebalan tubuh (Fox dan Cameron, 1989).



Gambar 54. Jagung yang terkontaminasi *A. flavus*, Yang Menghasilkan Aflatoksin
(<http://www.scribd.com/doc/55945409>)



Gambar 55. Gejala visual dan bentuk konidia *A. flavus*
(<http://www.scribd.com/doc/55945409>)



Gambar 56. Jagung yang terkontaminasi Patogen *Fusarium Spp.*
(<http://www.scribd.com/doc/55945409>)



Gambar 57. Patogen *Penicillium spp.* pada biji jagung
(<http://www.scribd.com/doc/55945409>)

Di Indonesia, aflatoksin merupakan mikotoksin yang sering ditemukan pada produk- produk pertanian dan hasil olahan (Muhilal dan Karyadi, 1985, Agus et al., 1999). Selain itu, residu aflatoksin dan metabolitnya juga ditemukan pada produk peternak seperti susu (Bahri et al., 1995), telur (Maryam et al., 1994), dan daging ayam (Maryam, 1996). Sudjadi et al (1999) melaporkan bahwa 80 diantara 81 orang pasien (66 orang pria dan 15 orang wanita) menderita kanker hati karena mengkonsumsi oncom, tempe, kacang goreng, bumbu kacang, kecap dan ikanasin. AFB 1, AFG 1, dan AFM 1 terdeteksi pada contoh liver dari 58% pasien tersebut dengan konsentrasi diatas 400 $\mu\text{g/kg}$.

- Okratoksin

Okratoksin, terutama Okratoksin A (OA) diketahui sebagai penyebab keracunan ginjal pada manusia maupun hewan, dan juga diduga bersifat karsinogenik. Okratoksin A ini pertama kali diisolasi pada tahun 1965 dari kapang *Aspergillus ochraceus*. Secara alami *A.ochraceus* terdapat pada tanaman yang mati atau busuk, juga pada biji-bijian, kacang-kacangandan buah-buahan. Selain *A.ochraceus*, OA juga dapat dihasilkan oleh *Penicillium viridicatum* (Kuiper-Goodman, 1996) yang terdapat pada biji-bijian di daerah beriklim sedang (temperate), seperti pada gandum di eropa bagian utara. *P.viridicatum* tumbuh pada suhu antara $0 \pm 31^{\circ}\text{C}$ dengan suhu optimal pada 20°C dan pH optimum 6 ± 7 .

A.ochraceus tumbuh pada suhu antara $8 \pm 37^{\circ}\text{C}$. Saat ini diketahui sedikitnya 3 macam Okratoksin, yaitu Okratoksin A (OA), Okratoksin B (OB), dan Okratoksin C (OC). OA adalah yang paling toksik dan paling banyak ditemukan di alam. Hal penting yang berkaitan dengan perdagangan komoditas kopi di pasar internasional adalah bahwa sebagian besar negara pengimpor/ konsumen kopi mensyaratkan kadar OA yang sangat rendah atau bebas OA. Selain pada produk tanaman, ternyata OA dapat ditemukan pada berbagai produk ternak seperti daging babi dan daging ayam. Hal ini karena OA bersifat larut dalam lemak sehingga dapat tertimbun di bagian daging yang berlemak. Manusia dapat terekspose OA melalui produk ternak yang dikonsumsi (Muhilal dan Karyadi, 1985).

- Zearalenon

Zearalenon adalah toksin estrogenik yang dihasilkan oleh kapang *Fusarium graminearum*, *F.tricinctum*, dan *F. moniliforme*. Kapang ini tumbuh pada suhu optimum $20 \pm 25^{\circ}\text{C}$ dan kelembaban $40 \pm 60 \%$. Zearalenon pertama kali diisolasi pada tahun 1962. Mikotoksin ini cukup stabil dan tahan terhadap suhu tinggi. Hingga saat ini paling sedikit terdapat 6 macam turunan zearalenon, diantaranya α -zearalenol yang memiliki aktivitas estrogenik 3 kali lipat daripada senyawa

induknya. Senyawa turunan lainnya adalah 6,8-dihidroksizearalenon, 8-hidroksizearalenon, 3-hidroksizearalenon, 7-dehidrozearealenon, dan 5-formilzearealenon (Agus et al., 1999). Komoditas yang banyak tercemar zearealenon adalah jagung, gandum, kacang kedelai, beras dan serelia lainnya.

- Triketesena

Mikotoksin golongan triketesena dihasilkan oleh kapang *Fusarium spp.*, *Trichoderma*, *Myrothecium*, *Trichothecium* dan *Stachybotrys*. Mikotoksin golongan ini dicirikan dengan adanya inti terpen pada senyawa tersebut. Toksin yang dihasilkan oleh kapang-kapang tersebut diantaranya adalah toksin T-2 yang merupakan jenis triketesena paling toksik. Toksin ini menyebabkan iritasi kulit dan juga diketahui bersifat teratogenik. Selain toksin T-2, triketesenalainnya seperti deoksinivalenol, nivalenol dapat menyebabkan emesis dan muntah-muntah (Ueno et al., 1972 dalam Sinha, 1993).

- Fumonisin

Fumonisin termasuk kelompok toksin fusarium yang dihasilkan oleh kapang *Fusarium spp.*, terutama *F. Moniliforme* dan *F. proliferatum*. Mikotoksin ini relatif baru diketahui dan pertama kali diisolasi dari *F. Moniliforme* pada tahun 1988 (Gelderblom, et al., 1988). Selain *F. Moniliforme* dan *F. proliferatum*, terdapat pula kapang lain yang juga mampu memproduksi fumonisin, yaitu *F. nygamai*, *F. anthophilum*, *F. Diamini* dan *F. napiforme*. *F. Moniliforme* tumbuh pada suhu optimal antara $22,5 \pm 27,5^{\circ}\text{C}$ dengan suhu maksimum $32 \pm 37^{\circ}\text{C}$. Kapang *Fusarium* ini tumbuh dan tersebar diberbagai negara didunia, terutamane negara beriklim tropis dan sub tropis. Komoditas pertanian yang sering dicemari kapang ini adalah jagung, gandum, sorgum dan berbagai produk pertanian lainnya. Hingga saat ini telah diketahui 11 jenis senyawa Fumonisin, yaitu Fumonisin B 1 (FB 1), FB 2, FB 3 dan FB 4, FA 1, FA 2, FC 1, FC 2, FP 1, FP 2 dan FP 3. Diantara jenis fumonisin tersebut, FB 1 mempunyai toksisitas yang dan dikenal juga dengan nama Makrofusin. FB 1 dan FB 2 banyak mencemari jagung dalam jumlah cukup besar, dan FB 1 juga ditemukan pada beras yang terinfeksi oleh *F. proliferatum*. Keberadaan kapang penghasil fumonisin dan kontaminasi fumonisin pada komoditi pertanian, terutama jagung di Indonesia telah dilaporkan oleh Miller et al. (1993), Trisiwi (1996), Ali et al., 1998 dan Maryam (2000b). Meskipun kontaminasi fumonisin pada hewan dan manusia belum mendapat perhatian di Indonesia, namun keberadaannya perlu diwaspadaimengingat mikotoksin ini banyak ditemukan bersama-sama dengan aflatoksin sehingga dapatmeningkatkan toksisitas kedua mikotoksin tersebut (Maryam, 2000a).

b. Staphylococcus

Kontaminasi mikroba biasanya berupa polusi udara serta kontaminasi pakan dan lingkungan oleh patogen seperti bakteri, parasit, virus dan cendawan. Umumnya, mikroorganisme tersebut dapat menjadi penyebab penyakit apabila kadarnya tinggi secara terus-menerus dan telah mencapai ambang batas.

Cemaran Staphylococcus tertinggi didapatkan pada dedak, kemudian diikuti oleh ampas kecap, onggok, bungkil kedele, tepung tulang, biji kapok dan garam. Staphylococcus tidak ditemukan pada bahan pakan benip urea, Z.A., kapur dan mineral. Tidak ditemukannya Staphylococcus pada keempat bahan pakan tersebut menunjukkan bahwa keempat bahan . pakan tersebut bukan merupakan media yang cocok untuk pertumbuhan Staphylococcus . Adanya Staphylococcus pada bahan pakan lainnya perlu mendapat perhatian dari para pekerja agar menjaga sanitasi lingkungan tempat bekerja sehingga tidak terjadi kontaminasi silang. Staphylococcus adalah mikroorganisme yang biasa terdapat di berbagai bagian tubuh manusia seperti hidung, tenggorokan, kulit dan hidup sebagai saprofit (Fardiaz et al., 1983).

Staphylococcus yang bersifat patogen adalah *S. aureus* yang menghasilkan enterotoksin yang dapat menyebabkan infeksi pada manusia maupun hewan seperti bisul, meningitis, osteomyelitis pneumonia dan mastitis pada manusia dan hewan. Bakteri ini dapat tumbuh pada berbagai jenis makanan seperti produk-produk dari daging, ikan, susu, keju dan lain sebagainya. Kontaminasi pada susu dan hasil olahannya dapat berasal dari infeksi mastitis sapi peralannya . Di samping itu *S. aureus* dapat merusak sistem reproduksi hewan. Bentuk gangguan yang ditimbulkan dapat menyebabkan terjadinya abortus (Endie, et al., 1983).

Bila mengacu pada batas ambang maksimum Staphylococcus untuk pangan yang hanya mengizinkan mengandung 5×10^6 koloni/g, maka bahan pakan seperti onggok, tepung tulang, dedak, ampas kecap dan bungkil kedele tidak memenuhi persyaratan untuk digunakan kecuali diiradiasi terlebih dahulu. Bahan pakan ternak minimalkan umumnya tercemar mikroba seperti bakteri coli dan Staphylococcus kecuali kapur dan urea (Endie, et al., 1983).

c. Salmonella

Salah satu penyebab adanya foodborne disease pada ternak adalah kontaminasi bakteri salmonella pada pakan ternak. Salmonellosis merupakan penyakit menular yang disebabkan oleh bakteri genus Salmonella sp, yaitu bakteri gram negatif berbentuk batang dengan ukuran 0,7 - 1,5 μ m, dan tidak membentuk spora, bersifat anaerobik fakultatif yang menyerang hewan dan atau manusia. Oleh karena itu boleh dikatakan apabila salmonellosis merupakan salah satu penyakit

zoonosis. Seperti manusia, binatang yang terinfeksi *Salmonella* mungkin atau tidak mungkin menyebabkan penyakit. Penyebab penyakit yang ditemukan disesuaikan dengan spesies hewan tertentu (Fardiaz et al., 1983), yaitu:

- *S. Abortus Ovis* (domba)
- *S. cholerae suis* (babi)
- *S. Gallinarum* (unggas)
- *Abortus S. equi* (kuda)
- *S. Dublin* (sapi).



Gambar 58. *Salmonella* (www.google.co.id)

Kelompok bakteri ini lebih sering diisolasi, seperti antara lain *S. typhimurium*, *S. enteritidis*, *S. Hadar* dan *S. infantis* yang mudah mempengaruhi baik manusia dan hewan. Dalam pakan hewan, bakteri ini menampakkan diri secara klinis melalui-akut septicemia per, enteritis akut atau kronis enteritis. Dalam bentuk subklinis penyakit, hewan baik mungkin memiliki infeksi laten atau sementara atau berkelanjutan. Bakteri ini secara langsung dapat menginfeksi hewan, biasanya tanpa tanda-tanda klinis yang signifikan, tetapi mereka semua dianggap mampu menyebabkan infeksi usus parah yang bervariasi pada manusia (Fardiaz et al., 1983).

Singkatnya, pada hewan makanan sebagian besar spesies, salmonella biasanya membentuk infeksi tanpa gejala klinis dari variabel durasi, yang penting sebagai potensi zoonosis. Namun, dalam kondisi berbagai stres, serovars yang biasanya non-patogenik juga dapat menyebabkan penyakit pada spesies makanan hewan. Tidak ada data yang tersedia untuk memberikan prevalensi akurat tentang *Salmonella* pada produksi ternak atau untuk memberikan informasi yang benar perbandingan antar negara.

Hewan yang benar terinfeksi melalui pakan atau bakteri dengan kondisi lingkungan mengeluarkan *Salmonella* melalui pembuangan tinja. Tinja adalah sumber utama foodborne disease. kecuali ketika *Salmonella* secara langsung diteruskan ke dalam produk pangan, misalnya, *S. enteritidis* menjadi telur dan kadang-kadang *Salmonella* terkontaminasi ke dalam susu. *Salmonella* bakteri dapat bertahan untuk waktu yang lama dalam lingkungan, meskipun secara umum tidak secara signifikan terjadi berkali-kali. infeksi *Salmonella* pada satwa liar, seperti tikus, biasanya terhadap infeksi hewan ternak, walaupun siklus infeksi dari setiap masukan secara terus menerus trinfeksi bakteri *Salmonella* dari hewan ternak, seperti yang dijelaskan oleh Celik et al. (2000). Dalam penelaahan terhadap kelangsungan hidup *Salmonella* pada lingkungan, Clements and Kleinschmidt (2003) menyimpulkan kontrol yang *Salmonella* harus dimulai dengan penurunan secara signifikan dalam jumlah organisme yang dibuang ke lingkungan. Feses hewan dan feses manusia mengkontaminasi air dan tanah juga merupakan bagian dari siklus epidemiologi dan dapat mengkontaminasi.

d. Bakteri koli/ *Escherichia coli*

Bakteri koli menipakan salah satu jenis bakteri yang digunakan sebagai indikator sanitasi (Suriawiria, 1996). Adanya bakteri koli sangat tidak diharapkan, karena dengan adanya bakteri koli berarti bahan tersebut telah tercemar oleh materi fekal. Hal ini disebabkan bakteri tersebut berasal dari tinja manusia atau hewan berdarah panas lainnya. Oleh sebab itu mendeteksi bakteri koli di dalam bahan sangatlah penting karena dengan demikian dapat diketahui apakah bahan tersebut masih layak digunakan atau tidak.

Bakteri koli dapat mengkontaminasi bahan pakan ternak, seperti dedak dan bungkil kedelai. Bakteri tersebut berasal dari tinja manusia atau hewan berdarah panas lainnya. Oleh sebab itu mendeteksi bakteri koli di dalam bahan pakan sangatlah penting karena dengan demikian dapat diketahui apakah bahan pakan tersebut masih layak dikonsumsi atau tidak (Fardiaz et al., 1983).

b. Virus Hepatitis A

Adanya virus hepatitis tersebut di dalam pakan mungkin disebabkan oleh pencemaran terhadap air yang digunakan dalam penanganan bahan pakan, penggunaan peralatan dan wadah yang tidak higienis, cara penanganan yang tidak aseptis, kurangnya praktek kebersihan, penggunaan kemasan yang tidak steril atau tercemar oleh kotoran dari binatang pengerat, burung, dan serangga (Celik et al., tahun 2000).

9.2. Proses Kontaminasi

Mikotoksin disintesis dan dikeluarkan selama proses pertumbuhan jamur tertentu. Dan jika jamur mati, maka produksi mikotoksin akan berhenti, tetapi mikotoksin yang sudah terbentuk tidak akan hilang. Hal tersebut karena mikotoksin memiliki struktur kimiawi yang stabil pada berbagai kondisi lingkungan, sehingga tahan terhadap suhu panas yang ekstrim dan tahan lama pada proses penyimpanan bahan baku serta tahan terhadap berbagai proses pengolahan dalam pembuatan pakan ternak. Yang menjadikan mikotoksin menurut Machdum (2007) menjadi ancaman yang merugikan adalah kemampuannya mengganggu dan merusak organ sistem kekebalan tubuh ayam, meskipun mikotoksin tersebut terdapat dalam jumlah yang sangat rendah (nanogram sampai mikrogram per gram bahan pakan)

Pada masa tanam, produksi mikotoksin didukung oleh berbagai faktor, antara lain : kondisi iklim (temperatur $>30^{\circ}$, dan kelembaban relatif sekitar 80% - 85%), adanya manifestasi serangga, kualitas bibit yang bervariasi dan kepadatan tanaman yang tinggi. Proses panen dapat mempengaruhi jumlah pembentukan mikotoksin, yaitu tingkat kematangan tanaman dan kadar air biji tanaman. Kemudian, pada saat penyimpanan, produksi mikotoksin dipengaruhi oleh kandungan air biji tanaman yang disimpan, efektifitas pengendalian serangga, dan efektifitas bahan pengawet yang ditambahkan. Distribusi bahan baku pakan juga berpengaruh terhadap pembentukan mikotoksin, seperti kondisi pada saat pengapalan (Machdum, 2007).

Sulit mendeteksi keberadaan mikotoksin pada bahan baku pakan karena sifat mikotoksin yang tidak terlihat, tidak berbau dan tidak berasa. Toxin seperti zearalenone, akan berikatan dengan komponen nutrisi yang berbeda-beda, seperti glycosides, glucuronides, atau fatty acid esters. Bila terjadi ikatan zearalenone-glycoside, akan sulit dideteksi dengan metode konvensional, akibatnya bahan baku atau pakan dianggap tidak terkontaminasi. Kemudian ikatan zearalenone-glycoside akan terurai setelah tercampur dengan empedu pada duodenum. Zearalenone tersebut kemudian akan menjadi toksik kembali. Proses ikatan antara toksin dan komponen nutrisi disebut *masked mycotoxins*. Contoh *masked mycotoxins* yang lain adalah deoxynivalenol-glycoside (pada bijian – Sewald 1992), Hydroxylation dan glucosylation dari Ochratoxin (pada gandum – Ruhland 1994) dan fumonisins yang berikatan sebagian dengan protein nutrisi.

Menurut Hamilton (1984), tidak terdapat batas kandungan yang aman untuk mikotoksin. Asupan mikotoksin sekecil apapun, akan terakumulasi. Efek yang ditimbulkan mikotoksin akan berpengaruh secara bertahap sesuai jumlah asupan mikotoksin. Mikotoksi pertama-

tama akan menyebabkan penurunan daya tanggap kekebalan tubuh atau imunosupresi, kemudian gangguan metabolisme, berlanjut menimbulkan gejala klinis dan berakhir dengan kematian.

Penularan Salmonella pada hewan ataupun pada manusia terjadi per-os melalui bahan-bahan tertular oleh tinja hewan ataupun manusia ataupun dapat berupa kontak langsung dengan hewan sakit atau carrier, via vektor mekanik, dan makanan yang tercemar bakteri *Salmonella spp* (Fardiaz et al., 1983).

9.3. Efek Kontaminasi

Mekanisme kerusakan jaringan akibat mikotoksikosis belum diketahui secara pasti, akan tetapi diketahui mengganggu proses sintesa protein sehingga dapat menyebabkan gangguan metabolisme. Gejala klinis mikotoksikosis biasanya tergantung dari jenis dan kadar mikotoksin. Variasi gejala klinis tersebut dapat berupa gangguan pertumbuhan ayam, gangguan produksi telur, gangguan daya tetas telur, gangguan pencernaan, perdarahan pada kulit, kerusakan jaringan pada paruh, rongga mulut dan gangguan akibat efek imunosupresi. Konsekuensi terjadinya penurunan daya tanggap kebal atau imunosupresi akan meningkatkan resiko terjadinya penyakit, meningkatkan derajat keparahan penyakit, meningkatkan tingkat kesulitan pengobatan, respon imun yang buruk, dan mengaktifasi pembentukan tumor (Machdum, 2007).

Ayam pedaging yang mengkonsumsi ransum yang terkontaminasi mikotoksin terbukti pertumbuhannya terhambat. Hal ini setidaknya pernah dibuktikan dari percobaan yang dilakukan oleh Jones et al. (1982) pada tabel 2. Terlihat semakin besar konsentrasi aflatoksin, pertumbuhan ayam menjadi terhambat.

Tabel 10. Pengaruh Aflatoksin terhadap Performan Ayam Pedaging

Parameter	Klasifikasi Ayam		
	Baik	Sedang	Buruk
Konsentrasi aflatoksin (ppb)	6,13	6,49	13,99
% ransum terkontaminasi	18,04	22,08	31,25
Rataan berat badan (kg)	1,76	1,74	1,72
FCR	2,13	2,15	2,16
Daya hidup (%)	95,98	95,61	92,78

Sumber : Jones et al., 1982

Begitu pula pada ayam petelur. Adanya kontaminasi mikotoksin akan mengakibatkan penurunan produksi telur, baik secara

kualitatif maupun kuantitatif. Kasus “blood spot” dapat dipicu karena aflatoksin. Kualitas kerabang telur juga menurun karena aflatoksin akan menghambat proses konversi vitamin D3 yang terkandung dalam ransum menjadi bentuk aktif. Adanya mikotoksin ini akan mengakibatkan penurunan kadar protein serum, lipoprotein dan karotenoid (Hamilton, 1984).

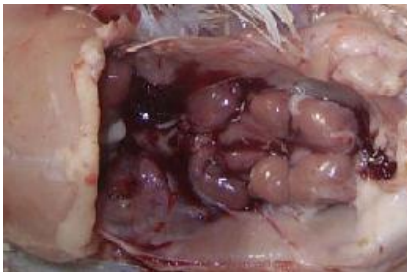


Gambar 59. Kasus “blood spot” karena aflatoksin
(Sumber : WATT Poultry)



Gambar 60. Bintik-bintik putih pada paru-paru karena spora *Aspergillus*
(Sumber : ThePoultrySite)

Kematian akibat mikotoksin juga bukan suatu keniscayaan. Hal ini seringkali disebabkan kerusakan organ-organ vital ayam, seperti paru-paru, kantung udara, hati maupun ginjal. Selain itu, efek *immunosuppressive* juga mengakibatkan sistem pertahanan tubuh ayam lemah (mudah terinfeksi penyakit) dan pembentukan titer antibodi hasil vaksinasi menjadi kurang optimal (Machdum, 2007).



Gambar 61. Ochratoxin mengakibatkan ginjal bengkak dan pucat
(Sumber : ThePoultrySite)

Pada ayam, *Salmonella pullorum* dapat menimbulkan kerugian besar karena cepat menyebar dan menimbulkan kematian tinggi, terutama pada anak ayam. Penularan terjadi dari induk ayam ke telur lewat ovarium (penularan vertikal). Anak ayam yang tidak tertular lewat telur dapat tertular secara kontak dengan cangkang telur, lewat inhalasi, atau lewat mulut. Anak ayam yang tertular terlihat septikemik, kotor, dan mengantuk. Anak ayam yang sembuh akan tetap membawa agen penyakit dan mengakibatkan penurunan fertilitas, produksi serta daya tetas telur (Celik et al., 2000).

Pada burung, *S. enteritidis* dapat bersifat fatal pada burung, seperti ditemukan oleh BPPH Wilayah VI Denpasar di suatu taman burung di Bali tahun 2000. *S. enteritidis* juga sering mencemari telur unggas, sehingga banyak negara mensyaratkan telur konsumsi harus berasal dari peternakan bebas *S. Enteritidis*. Salmonelosis bebek (*S. typhi* dan *S. anatum*) biasanya menyebabkan bebek – bebek tersebut lambat mati. Korban kurus, kering, gemetar dan sesak nafas. Didalam hati bebek terlihat sarang – sarang nekrosa. Disamping itu juga terlihat enteritis dan nefritis (Celik et al., 2000).

Salmonelosis pedet bentuk septisemia perakut ditandai dengan kelemahan umum yang terjadi secara mendadak, kenaikan suhu tubuh yang mencolok (40 – 41°C), kemudian diikuti dengan koma. Kematian biasanya terjadi dalam waktu 24 – 48 jam (Fardiaz et al., 1983).

9.4. Petunjuk Praktis Pencegahan Proses Kontaminasi

Untuk mencegah terjadinya proses kontaminasi mikroba pada pakan ternak, ada beberapa langkah pencegahan yang bisa kita lakukan (berdasarkan dari beberapa sumber) yaitu:

Jauhkan pakan kering dari daerah yang lembab Menjaga kebersihan tempat pakan ternak

- Hindari kontak langsung pakan terhadap cahaya matahari
- Menggunakan sarung tangan jika ingin memberi pakan pada ternak
- Melakukan pemeriksaan kualitas bahan baku secara rutin, terutama saat kedatangan bahan baku atau ransum. Hendaknya kita tidak segan untuk *mereject* jika ditemukan ransum yang terkontaminasi jamur, mengingat fenomena jamur ini seperti fenomena gunung es. Selain itu, pastikan kadar airnya tidak

terlalu tinggi, $> 14\%$ sehingga bisa menekan pertumbuhan jamur

- Memperhatikan kondisi tempat penyimpanan bahan pakan.
- Usahakan sebelum disimpan pakan tersebut dikeringkan terlebih dahulu untuk mengurangi kadar airnya agar tidak ditumbuhi oleh mikroba.
- Bahan-bahan pakan, dilindungi dengan cara mengemasnya dengan kemasan yang kaku dan pergerakannya dibatasi dengan kemasan plastik atau stretch/shrink film yang dapat mengemas produk dengan ketat.
- Teknik atau metode penyimpanan bahan pakan harus mempunyai jarak antar tumpukan dan tidak sempit.
- Solusi untuk menangani bahan pakan yang mengandung lemak tinggi adalah tidak menyimpannya terlalu lama, penumpukannya dalam jumlah sedikit dan tidak terlalu banyak dalam proses pembuatan bahan pakan tersebut (disesuaikan dengan kebutuhan pemakaian).
- Sebaiknya bahan pakan yang memiliki kadar air yang sangat tinggi tidak di simpan dalam gudang penyimpanan yang bersuhu tinggi pula, karena dapat mempercepat proses penjamuran.
- Selain memperhatikan metode penyimpanan juga perlu perhatian terhadap konstruksi bangunan pabrik pakan diusahakan dapat meminimalisir masuknya hama, burung, serangga dan hewan lainnya dari daerah sekitarnya. Perawatan terhadap bangunan dan lantai dasar diperhatikan supaya menciptakan kondisi bersih saat pegawai sedang bekerja dan berlangsungnya produksi pakan. Peralatan yang tidak digunakan bisa dipindahkan untuk mencegah menjadi tempat berkembang biaknya hama.
- Atur manajemen penyimpanan bahan baku ransum. Berikan alas (*pallet*) pada tumpukan bahan baku dan atur posisi penyimpanan sesuai dengan waktu kedatangannya (*first in first out*, FIFO). Perhatikan suhu dan kelembaban tempat penyimpanan. Hindari penggunaan karung tempat ransum secara berulang dan bersihkan gudang secara rutin. Saat ditemukan serangga, segera atasi mengingat serangga mampu merusak lapisan pelindung biji-bijian sehingga bisa memicu tumbuhnya jamur
- Saat kondisi cuaca tidak baik, terutama musim penghujan, tambahkan *mold inhibitors* (penghambat pertumbuhan jamur), seperti asam organik atau garam dari asam organik tersebut.

Asam propionat merupakan *mold inhibitors* yang sering digunakan

Saat jamur dan mikotoksin telah ditemukan mengkontaminasi ransum, beberapa hal yang dapat kita lakukan untuk menekan efek mikotoksin ini antara lain :

- Membuang ransum yang terkontaminasi jamur dengan konsentrasi tinggi, mengingat mikotoksin ini sifatnya sangat stabil
- Jika yang terkontaminasi sedikit, bisa dilakukan pencampuran dengan bahan baku atau ransum yang belum terkontaminasi. Tujuannya tidak lain untuk menurunkan konsentrasi mikotoksin. Namun yang perlu diperhatikan ialah bahan baku ini hendaknya segera diberikan ke ayam agar konsentrasi mikotoksin tidak meningkat
- Penambahan *toxin binder* (pengikat mikotoksin), seperti zeolit, bentonit, *hydrate sodium calcium aluminosilicate* (HSCAS) atau ekstrak dinding sel jamur. Antioksidan, seperti *butyrate hidroxyl toluene* (BHT), vitamin E dan selenium juga bisa ditambahkan untuk mengurangi efek mikotoksin, terutama aflatoksin, DON dan T-2 toxin
- Suplementasi vitamin, terutama vitamin larut lemak (A, D, E, K), asam amino (metionin dan penilalanin) maupun meningkatkan kadar protein dan lemak dalam ransum juga mampu menekan kerugian akibat mikotoksin.

Langkah pencegahan dan pengendalian Salmonellosis, yaitu sebagai berikut : memelihara ternak pada tempat yang tertutup; menjaga hewan agar tetap dalam kelompok yang kecil; belilah ternak pengganti dari peternakan yang sama; hindari percampuran hewan-hewan dari berbagai sumber yang berbeda; sterilisasi bahan makanan hewan; sediakan air minum untuk ternak; mencegah adanya burung liar dan hewan pengerat di kandang hewan; keluarkan semua hewan dan bersihkan dan desinfeksi kandang; monitor perkembangbiakan unggas dan bersihkan kotorannya; desinfeksi telur yang akan ditetaskan dan dipanasi dengan incubator.

Latihan:

1. Sebutkan jenis mikroba apa saja yang dapat mengkontaminasi pakan ternak !
2. Jelaskan proses kontaminasi mikroba pada pakan ternak!
3. Apa yang terjadi bila ternak mengkonsumsi pakan yang terkontaminasi jenis mikroba tersebut di atas?
4. Usaha apa sajakah yang dapat dilakukan untuk menghindari terjadinya kontaminasi?

Rangkuman

Ada beberapa jenis mikroorganisme yang biasa mengkontaminasi pakan ternak, baik di lokasi penanaman maupun di gudang penyimpanan, antara lain : mikotoksin, aflatoksin, okratoksin, zearalenon, staphylococcus dan salmonella. Yang menjadikan mikotoksin menjadi ancaman yang merugikan adalah kemampuannya mengganggu dan merusak organ sistem kekebalan tubuh ayam, meskipun mikotoksin tersebut terdapat dalam jumlah yang sangat rendah. Selain itu efek merugikan lain seperti kerusakan organ dapat ditimbulkan oleh dikonsumsi pakan yang terkontaminasi mikroba patogen lain seperti salmonella dan staphylococcus, juga mikroba yang sudah terlanjur terdapat dalam kandang diakibatkan oleh feces ternak. Tentunya ini semua dapat berdampak pada penurunan produksi. Untuk itu sangat penting diperhatikan beberapa petunjuk praktis untuk pencegahan terjadinya proses kontaminasi mikroba tersebut.

Tes Formatif

1. Mikroba apa saja yang dapat mengkontaminasi pakan dalam kandang yang berasal dari feces ternak?
2. Aflatoksin dapat ditemukan pada produk pakan ternak apa saja?
3. “Jika jamur mati, maka produksi mikotoksin akan berhenti, tetapi mikotoksin yang sudah terbentuk tidak akan hilang”. Mengapa hal ini bisa terjadi?
4. Pada ternak unggas, jenis mikroba apa yang dianggap patogen jika sudah mengkontaminasi lingkungan dalam kandang?
5. Apabila mikotoksin telah mengkontaminasi pakan ternak, apa yang sebaiknya kita lakukan?

BAB X.

MIKROBIOLOGI DALAM PENGOLAHAN PAKAN DAN PANGAN HASIL TERNAK

A. Gambaran Singkat Mengenai Materi Kuliah

Bab ini membahas tentang hubungan mikrobiologi dalam pengolahan pakan ternak, pemanfaatan mikrobiologi dalam proses pengolahan pangan yang bersumber dari hasil ternak antara lain susu dan daging serta hasil olahannya, jenis mikroba yang digunakan, serta proses pengolahan produk-produk tersebut.

B. Pedoman Mempelajari Materi

Pahami dengan jelas isi materi mengenai hubungan mikrobiologi dalam pengolahan pakan ternak, pemanfaatan mikrobiologi dalam proses pengolahan pangan yang bersumber dari hasil ternak antara lain susu dan daging serta hasil olahannya, jenis mikroba yang digunakan, serta proses pengolahan produk-produk tersebut. Selanjutnya kerjakan soal-soal latihan yang tercantum di bagian akhir dari bab ini.

C. Tujuan Pembelajaran

1. Mahasiswa mampu menjelaskan pemanfaatan mikrobiologi pada pengolahan pakan ternak.
2. Mahasiswa mampu menjelaskan pemanfaatan mikrobiologi pada pengolahan produk pangan yang bersumber dari hasil ternak
3. Mahasiswa mampu menyebutkan jenis mikroba yang digunakan dalam pengolahan pakan ternak
4. Mahasiswa mampu menyebutkan jenis mikroba yang digunakan dalam pengolahan pangan hasil ternak
5. Mahasiswa mampu menguraikan proses pengolahan pangan hasil ternak

D. Materi Kuliah

10.1. Mikrobiologi dalam Pengolahan Pakan Ternak

Saat ini telah banyak penelitian pengolahan pakan ternak yang berkaitan dengan ilmu mikrobiologi, utamanya dalam hal peningkatan nilai gizi pakan yang berasal dari limbah pertanian ataupun perkebunan, misalnya jerami-jeramian atau bungkil-bungkilan. Ini dipacu oleh kurangnya bahan pakan di lapangan. Ketersediaan bahan pakan hijauan ini sangat dipengaruhi oleh faktor musim, dimana pada musim penghujan tersedia dalam jumlah banyak dan berlimpah sedangkan pada musim kemarau ketersediaan sangat terbatas. Untuk

mengatasi hal tersebut biasanya peternak memberikan sisa-sisa pertanian seperti jerami. Pemanfaatan jerami sebagai pakan tunggal tidak dapat memenuhi kebutuhan nutrisi pada ternak. Hal ini dapat menurunkan produktivitas ternak.

Hasil pemanenan padi berupa jerami padi tidak banyak dimakan ternak, biasanya ditumpuk dibiarkan mengering. Kalaupun diberikan kepada ternak hanya sedikit yang dimakan karena kurang disukai ternak sehingga setelah pemanenan padi, jerami ditumpuk dan dibiarkan mengering. Jerami padi belum dimanfaatkan secara luas untuk ternak ruminansianya.

Kendala utama dari pemanfaatan jerami padi sebagai salah satu bahan pangan ternak adalah kandungan serat kasar tinggi dan kandungan protein serta pencernaan yang rendah. Penggunaan jerami secara langsung atau sebagai pakan tunggal tidak dapat memenuhi pasokan nutrisi yang dibutuhkan ternak.

Adanya faktor pembatas pada jerami padi dengan nilai gizi yang rendah yaitu rendahnya kandungan protein kasar, tingginya serat kasar, lignin, silika (Ranjhan, 1977) serta rendahnya pencernaan (Djajanegara, 1983). Untuk itu, jerami padi perlu ditingkatkan nilai nutrisinya dengan melakukan pengolahan, baik fisik, kimia, maupun biologis. Agar limbah pertanian berupa jerami padi dapat digunakan secara luas pada ternak ruminansia dalam mengatasi kendala-kendala penyediaan bahan pakan ternak pada musim kemarau dan pemanfaatan limbah yang berlimpah maka perlu dilakukan suatu upaya peningkatan daya guna dari limbah tersebut melalui suatu teknologi pakan yang tepat guna yaitu proses fermentasi dengan menggunakan mikroba.

Ada beberapa pengolahan yang dapat dilakukan untuk meningkatkan pencernaan potensial serat kasar (Preston dan Leng, 1987). Peningkatan kuantitas bagian yang dapat dicerna pada pakan yang berkualitas rendah dapat dilakukan melalui proses kimia, fisik dan biologis (Hugate, 1966).

Mikroba yang banyak digunakan sebagai inokulum fermentasi adalah kapang, bakteri, khamir dan ganggang. Pemilihan inokulum yang akan digunakan lebih berdasarkan pada komposisi media, teknik proses, aspek gizi, dan aspek ekonomi (Tannanbeum, dll., 1975). Bahkan deasa ini mikroba sebagai probiotik dengan berbagai merk dagang dapat diperoleh dengan mudah.

Fermentasi dilakukan dengan cara menambahkan bahan mengandung mikroba proteolitik, lignolitik, selulolitik, lipolitik, dan bersifat fiksasi nitrogen non simbiotik (contohnya : starbio, starbioplus, EM-4, dan lain-lain).

Hasil penelitian Syamsu (2006) menggambarkan bahwa komposisi nutrisi jerami padi yang telah difermentasi dengan menggunakan starter mikroba (starbio) sebanyak 0,06% dari berat jerami padi, secara umum memperlihatkan peningkatan kualitas dibanding jerami padi yang tidak difermentasi. Selanjutnya dikatakan kadar protein kasar jerami padi yang difermentasi mengalami peningkatan dari 4,23% menjadi 8,14% dan diikuti dengan penurunan kadar serat kasar. Hal ini memberikan indikasi bahwa starter mikroba yang mengandung mikroba proeolitik yang menghasilkan enzim protease dapat merombak protein menjadi polipeptida yang selanjutnya menjadi peptida sederhana.

Selanjutnya Syamsu (2006) menyatakan bahwa penggunaan starter mikroba menurunkan kadar dinding sel (NDF) jerami padi dari 73,41% menjadi 66,14%. Dengan demikian dapat diduga bahwa selama fermentasi terjadi pemutusan ikatan lignoselulosa dan hemiselulosa sehingga selulosa dan lignin dapat terlepas dari ikatan tersebut oleh enzim lignase. Fenomena ini terlihat dengan menurunnya kandungan selulosa dan lignin jerami padi yang difermentasi.

Menurunnya kadar lignin menunjukkan selama fermentasi terjadi penguraian ikatan lignin dan hemiselulosa. Lignin merupakan benteng pelindung fisik yang menghambat daya cerna enzim terhadap jaringan tanaman dan lignin berkaitan erat dengan hemiselulosa. Dihilir lain, dengan menurunnya kadar NDF menunjukkan telah terjadipemecahan selulosa dinding sel sehingga pakan akan lebih mudah dicerna oleh ternak.

Berikut ini adalah beberapa contoh penelitian yang menggunakan mikroba dalam mengolah pakan ternak untuk meningkatkan nilai gizinya :

- Proses Pembuatan Jerami Padi Fermentasi

Proses pembuatan jerami padi fermentasi mengikuti prosedur yang dilakukan di Balai Penelitian Ternak, Ciawi. Pada tahap pertama, jerami padi yang sudah dikumpulkan ditumpuk dengan ketebalan kurang lebih 20 cm kemudian ditaburi probion dengan takaran masing-masing sebanyak 2,5 kg untuk setiap ton jerami padi segar. Tumpukan tersebut diulang kembali sampai ketinggian sekitar 2 – 3 m. Tumpukan didiamkan selama 3 minggu agar proses fermentasi dapat berlangsung dengan baik. Setelah itu jerami padi sudah bisa diberikan pada ternak. Untuk penyimpanan jerami padi agar lebih tahan lama, dilakukan pengeringan di bawah sinar matahari dan diangin-anginkan sehingga cukup kering sebelum disimpan pada tempat yang juga terlindung (Syamsu, 2006).

Hasil fermentasi jerami yang baik ditandai dengan ciri-ciri sebagai berikut:

- Baunya agak harum
- Warnanya kuning agak kecoklatan
- Teksturnya lemas (tidak kaku)
- Tidak busuk dan tidak berjamur
- Jerami yang telah difermentasikan dengan diangin-anginkan dapat langsung diberikan ke ternak. Jumlah pemberiannya sama dengan pemberian hijauan pakan yaitu sebesar 10% dari bobot badan.
- Untuk ternak yang belum terbiasa dengan fermentasi, perlu dilatih yaitu dengan mempuasakannya beberapa saat. Kemudian baru diberi jerami hasil fermentasi.

Beberapa keuntungan penggunaan jerami fermentasi sebagai pakan diantaranya adalah :

1. Dapat mengurangi biaya pakan.
2. Dapat meningkatkan produksi ternak karena kualitas nutrisi meningkat.
3. Penggunaan pakan dan tenaga kerja lebih efisien.
4. Lingkungan kandang lebih sehat dan nyaman, karena kotoran ternak yang dihasilkan lebih sedikit, kering dan tidak berbau.

- Fermentasi kulit buah kakao dengan menggunakan mikroba pengurai lignoselulosa

Kulit buah kakao ini merupakan hasil sampingan dari pemrosesan biji coklat dan merupakan limbah dari hasil panen yang cukup potensial untuk di jadikan salah satu pakan alternative ternak ruminansia. Hasil penelitian (Baharrudin,2007), pada ternak kambing menunjukan pemberian kulit buah kakao yang segar dan di keringkan dengan sinar matahari secara langsung atau tanpa di fermentasi dulu mengakibatkan penurunan berat badan pada ternak, karena rendahnya kandungan protein pada kulit buah kakao yang segar dan tingginya kandungan lignin dan selulosanya. Oleh karena itu sebelum pemberian pada ternak sebaiknya di fermentasi terlebih dahulu untuk mengurangi tingginya kandungan kadar lignin dan untuk meningkatkan nilai nutrisinya, akan tetapi tetap harus di perhatikan batasan konsentrasi pemberiannya karena adanya senyawa anti nutrisi theobromin. Kulit buah kakao mengandung alkaloid theobromin (3,7 dimethylxantine) yang merupakan faktor pembatas pada pemberian limbah kulit kakao sebagai pakan ternak.

Smith dan Adegbola (1982), menyatakan kandungan nutrisi pada kulit buah kakao yaitu : BK 84,00 – 90,00, PK 6,00 – 10,00, Lemak 0,50 – 1,50, SK 19,00 – 28,00, Abu 10,00 – 13,80, dan BETN 50,00 – 55,60. Ratna (2004), menyatakan bahwa limbah kulit buah

kako cocok di manfaatkan sebagai pakan tambahan protein ternak ruminansia pada pakan basal. Karena kandungan protein kasar tinggi yaitu 14-22%, serat kasar relative rendah 13-26%, tetapi kandungan lemaknya tinggi yaitu 3-9% yang kurang baik untuk proses pencernaan. Sianipar (2007), menyatakan pada pengelolaan limbah kulit buah kakao menjadi silase dapat meningkatkan pencernaan dan kandungan protein, dan penyimpanannya juga dapat relative lama yaitu 2-3 bulan. Dan penggunaan optimalnya sebesar 20% bahan kering dalam ransum atau sebesar 60% dalam pakan penguat sebagai pakan kambing loal yang sedang tumbuh.

Hasil penelitian lainnya, kulit buah kakao yang telah difermentasi dengan *Neurospora crassa* memainkan peranan penting sebagai pakan ayam yang dapat mengurangi penggunaan jagung dan konsentrat (Nuraini dan Mahata, 2009.) Pemberian produk kakao fermentasi dalam ransum ayam buras grower sampai 20 %, dengan pengurangan penggunaan jagung sebanyak 20% dan pengurangan konsentrat 10% ternyata masih memberikan performa yang sama terhadap ayam buras dan demikian pula dengan pemberian 30% kakao fermentasi dalam ransum pengurangan 30% jagung dan 20 % konsentrat tidak menurunkan produksi telur ayam.

Teknologi fermentasi yang diberikan cukup sederhana, mudah untuk diterapkan dilapangan dan dapat disosialisasikan ke masyarakat terutama peternak. Fermentasi dapat meningkatkan kandungan dan kualitas gizi bahan, menghasilkan aroma dan rasa/flavour yang disukai sehingga palatabilitas meningkat dan dapat meningkatkan daya cerna (Winarno, 1980). Campuran kulit buah kakao dan ampas tahu yang telah difermentasi dengan *Neurospora crassa* dapat memproduksi pakan kaya β karoten (235.08 $\mu\text{g/g}$) dan dapat meningkatkan protein dari 11.71 % menjadi 20.78 % pada substrat campuran 60 % kulit buah kakao dengan 40% ampas tahu (Nuraini, 2006).

Senyawa β karoten adalah senyawa karotenoid yang berfungsi sebagai provitamin A, sebagai pemberi warna kuning pada kuning telur dan dapat menurunkan kolesterol telur. Penggunaan produk pakan kaya β karoten sebanyak 20 % dalam ransum broiler dan 30-40% dalam ransum itik dan ayam petelur, dapat mengurangi sebanyak 30 - 40% penggunaan jagung dan 30-35 % konsentrat tanpa menurunkan pertambahan bobot badan broiler dan produksi serta bobot telur bahkan dapat menurunkan 30-40% kolesterol telur dan meningkatkan 30 -35% warna kuning telur (Nuraini, 2006).

10.2. Mikrobiologi dalam Pengolahan Pangan Hasil Ternak

Selain penggunaan mikroba dalam pengolahan pakan ternak, juga digunakan dalam pengolahan pangan yang bersumber dari hasil

ternak. Pangan hasil ternak ini antara lain susu; produk olahan susu seperti yoghurt, keju dan mentega; daging; produk olahan daging seperti sosis dan salami. Tentunya masih banyak lagi penggunaan ilmu mikrobiologi pada pengolahan pangan hasil ternak yang lain.

- Mikroorganisme dalam pengolahan Susu dan Hasil Olahan Susu

Susu memerlukan penanganan yang baik, tepat, cepat agar susu tidak cepat rusak dan busuk. Salah satu cara yang dilakukan agar mutu susu terjaga dan aman dikonsumsi, serta memiliki cita rasa enak adalah memfermentasinya dengan bakteri pembentuk asam seperti *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium bifidum* dan *Streptococcus thermophilus*, *Bifidobacterium nifantis*, *Lactobacillus reuteri* dan *Lactobacillus acidophilus* (Robinson dan Tamime, 1989). Menurut Hayakawa (1992), fermentasi dapat menggunakan bakteri *Streptococcus*, *Pedrococcus*, *Leuconostoc*, *Lactobacillus* dan *Bifidobacterium*.

Adapun produk hasil olahan susu antara lain:

1. Susu Fermentasi

Susu fermentasi merupakan salah satu produk susu yang berkonsistensi gel seperti fla custard dengan rasa dan aroma khas. Susu fermentasi dikenal dengan berbagai nama seperti yoghurt, yogurt, yourt, yaort, yaourt atau yaghourt, dengan penulisan bervariasi, ada yang mengganti huruf Y dengan J. Kata yoghurt berasal dari bahasa Turki jugurt. Yogurt merupakan makanan tradisional di negara Balkan dan Timur Tengah (Djarmiko, et al., 1984).

Produk susu fermentasi yang umum dikonsumsi oleh masyarakat adalah, yoghurt, yakult juga kefir, dengan bahan baku susu sapi. Yakult dibuat dengan starter bakteri *Lactobacillus casei* adapun yoghurt dengan starter bakteri *Streptococcus thermophilus* dan *Lactobacillus bulgaricus* yang diinokubasi pada suhu 43°C selama + 4 jam dengan perbandingan susu dengan starter adalah 1: 1 (Sunarlim dan Setyanto, 2010).

Proses fermentasi susu menghasilkan produk dengan flavor yang disukai serta tekstur lembut. Komponen susu yang paling berperan selama proses fermentasi adalah laktosa dan kasein. Laktosa digunakan oleh mikroorganisme sebagai sumber karbon dan energi dengan hasil metabolismenya adalah asam laktat yang menyebabkan pH susu turun. Suasana asam (pH rendah) menyebabkan keseimbangan kasein terganggu dan pada titik isoelektrik (pH = 4.6), kasein akan menggumpal membentuk koagulan sehingga terbentuk susu semi padat (Helferich dan Westhoff, 1980).

Platt (1990) menyatakan ada empat manfaat yang diperoleh dari fermentasi susu yaitu sebagai pengawet alami, meningkatkan nilai

gizi, mendapatkan rasa dan tekstur yang disukai serta meningkatkan variasi makanan. Susu fermentasi juga digunakan sebagai minuman untuk tujuan diet (dietetic purpose) dan pengobatan (therapeutic purpose).



Gambar 61. Yoghurt siap saji (www.google.co.id)

2.Keju

Selain olahan susu berupa yoghurt, susu juga bisa dibuat lebih awet dengan mengolahnya menjadi keju. Para sejarawan percaya bahwa keju menjadi bagian dari diet manusia sekitar 800 tahun yang lalu, sehingga merupakan makanan yang pertama difermentasi. Kemungkinan dihasilkan secara tidak sengaja melalui praktek membawa susu dalam kantong yang terbuat dari perut hewan. Enzim dalam cairan pencernaan dari perut dan bakteri dalam susu bekerja sama untuk membentuk dadih (curd) dan kemudian keju mentah.

Keju dadih sejati adalah massa susu fermentasi yang dipadatkan. Susu biasanya dari sapi, namun susu kambing dan susu domba juga digunakan sebagai bahan baku keju. Fermentasi dilakukan oleh bakteri yang menghasilkan laktat dengan fermentasi laktosa (gula susu). Laktat menghambat pertumbuhan organisme lain yang akan merusak makanan atau menyebabkan penyakit (Helferich dan Westhoff, 1980).

Dalam pembuatan keju, pada perlakuan awal, 2 spesies yang paling umum digunakan bakteri *Lactobacillus casei* dan *Streptococcus lactis*. Pembuatan keju modern menggunakan susu bebas bakteri yang kultur bakteri murni ditambahkan sehingga populasi bakteri dalam keju mudah diprediksi dan aman untuk dimakan. Proses mengental selama pembuatan keju yang terjadi dalam kondisi asam disebabkan oleh (asam laktat) laktat yang diekskresikan oleh bakteri. Selama waktu pematangan keju, bakteri dalam dadih (curd) mati dan dicerna oleh enzim mereka sendiri (suatu proses yang disebut dengan otolisis). Ini mengeluarkan zat yang rasa keju. Bakteri yang menghasilkan asam

propionat bertanggung jawab atas rasa khas tersebut, dan karbon dioksida bertanggung jawab atas 'lubang-lubang' yang terdapat pada keju (Sunarlim dan Setyanto, 2010).

Pada pembuatan keju, kelompok bakteri yang dipergunakan adalah bakteri asam laktat. Bakteri asam laktat yang bisa digunakan adalah *Lactobacillus* dan *Sterptococcus*. Ada 4 macam jenis keju,yaitu :

1. Keju sangat keras, contoh: keju Romano, keju Permesan.
2. Keju keras, contoh: keju Cheddar, keju Swiss.
3. Keju setengah lunak, contoh: keju Requefort (keju biru).
4. Keju lunak, contoh: keju Camembert.

Proses pembuatan keju diawali dengan pemanasan susu dengan suhu 90°C atau dipasteurisasikan melalui pemanasan sebelum kultur bakteri asam laktat dinokulasikan (ditanam), kemudian didinginkan sampai 30°C. Selanjutnya bakteri asam laktat dicampurkan. Akibat dari kegiatan atau aktivitas bakteri tersebut pH menurun dan susu terpisah menjadi cairan whey dan dadih padat, proses ini disebut pendadihan. Kemudian ditambahkan enzim renin dari lambung sapi muda untuk mengumpulkan dadih. Enzim renin dewasa ini telah digantikan dengan enzim buatan, yaitu klimosin. Dadih yang terbentuk selanjutnya dipanaskan pada temperatur 32°C – 42°C dan ditambah garam, kemudian ditekan untuk membuang air dan disimpan agar matang. Adapun whey yang terbentuk diperas lalu digunakan untuk makanan sapi (Platt, 1990).



Gambar 62. Berbagai bentuk keju (www.google.co.id)

3. Mentega

Pada proses pembuatan mentega menggunakan mikroorganisme *Streptococcus lactis* dan *Lectonosto ceremoris*. Bakteri-bakteri tersebut membentuk proses pengasaman. Selanjutnya, susu diberi cita rasa tertentu dan lemak mentega dipisahkan. Kemudian lemak mentega diaduk untuk menghasilkan mentega yang siap dimakan (Platt, 1990).



Gambar 63. Mentega (www.google.co.id)

- Mikroorganisme dalam produk hasil olahan daging

Salah satu produk hasil olahan daging yang marak di pasaran sekarang adalah sosis. Berdasarkan proses pengolahannya, sosis secara umum dibagi menjadi 5 (Wood, 1998) yaitu:

1. Sosis segar, yaitu jenis sosis yang dibuat dari daging segar yang tidak dimasak dan tidak dikyuring, contoh polish sausage
2. Sosis yang diasap dan dimasak, yaitu sosis yang mempunyai karakteristik sama dengan sosis segar, namun sosis ini diselesaikan dengan pengasapan untuk memberikan flavor dan warna yang berbeda, serta harus dimasak dahulu sebelum dikonsumsi, contoh frankfurter, bologna, knackwurst
3. Sosis masak, yaitu sosis yang dipersiapkan dari satu atau lebih macam-macam daging unggas, contoh beer salami, liver sausage
4. Sosis fermentasi, yaitu sosis yang diproduksi melalui proses fermentasi dengan persiapan paling rumit diantara semua jenis sosis, contoh summer sausage, cervelat, dry salami, pepperoni
5. Sosis daging spesial, yaitu sosis yang dibuat dari daging cacah yang biasanya dimasak atau cenderung dibakar daripada diasap, contoh meat loaves.

Dari teknik pengolahan sosis tersebut yang melibatkan kerjasama mikroorganisme adalah sosis fermentasi. Sosis fermentasi merupakan produk sosis yang berasal dari hasil kerja bakteri pembentuk asam laktat, baik yang terdapat dalam daging secara alami, maupun bakteri starter yang ditambahkan. Sosis fermentasi dapat dibagi menjadi 2 jenis, yaitu sosis kering (dry sausage) dan sosis semi kering (semi dry sausage). Kultur starter yang digunakan pada pembuatan sosis semi kering adalah *Pediococcus acidilactici*, sedangkan pada sosis kering adalah *Lactobacillus* atau *Pediococcus* atau campuran *Micrococcus* dan *Lactobacillus*.

Salami merupakan salah satu contoh sosis fermentasi (dry sausage) yang mempunyai karakteristik khusus dengan melibatkan bakteri asam laktat, dengan waktu fermentasi selama 3 bulan, biasanya dikemas dengan diameter yang agak besar dan bentuk adonannya kasar, serta mempunyai flavor tertentu. Salami adalah sosis tradisional ala Italia. Salami biasanya terbuat dari daging cincang, lemak hewan, ternak dan rempah, serta bahan-bahan lain yang ditambahkan bakteri asam laktat dan melalui proses pengasapan. Jenis salami yang terdapat di pasar antara lain, Lola, B. C. Salami, milano, dan lain-lain (Nursiwan, 2009).



Gambar 64. Sliced Salami (free-extras.com)

Karakteristik Sosis Fermentasi

Sosis fermentasi yang telah jadi akan memiliki karakteristik pH yang asam, yaitu 4,8-5,3. Pada sosis kering (dry sausage) akan terjadi penurunan berat sebesar 60-70% dari berat awal setelah dilakukan proses fermentasi, sehingga kadar air akhir dari sosis kering yaitu 25-45% dengan ratio perbandingan antara air dan protein sebesar 2,3 : 1. Sedangkan pada sosis semi kering (semi dry sausage), kadar air pada akhir prosesnya yaitu 55-60% dengan ratio perbandingan antara air dan protein sebesar 3,7 : 1 (Platt, 1990).

Pertumbuhan kapang, khamir atau bakteri pada permukaan sosis dapat menyebabkan kondisi permukaan berjamur atau berlendir. Hal ini dapat terjadi ketika sosis diperlakukan buruk dan dikeringkan. Kelembaban menjadi meningkat sehingga suhu penyimpanan berubah, terutama dari suhu rendah ke suhu yang lebih tinggi. Permukaan yang berlendir dan berjamur ini adalah akumulasi besar sel mikroba yang dapat menyebabkan perubahan karakteristik pada produk akhir (Wood, 1998).

Manfaat Sosis Fermentasi

Beberapa manfaat yang dapat diperoleh dari pengkonsumsian sosis fermentasi, yaitu:

- Mempunyai nilai gizi yang lebih tinggi dari nilai gizi bahan asalnya (mikroorganisme bersifat katabolik, memecah senyawa kompleks menjadi senyawa sederhana sehingga mudah dicerna dan mensintesis vitamin kompleks dan faktor-faktor pertumbuhan badan lainnya, sebagai contoh vitamin B12, riboflavin, provitamin A)
- Meningkatkan kesehatan dengan cara meningkatkan jumlah bakteri baik dalam saluran pencernaan sehingga dapat menghindarkan dari berbagai macam penyakit terutama penyakit yang berhubungan dengan saluran pencernaan
- Memiliki daya cerna yang tinggi sehingga mudah diserap dan dicerna oleh tubuh

Latihan

1. Jelaskan pemanfaatan mikrobiologi pada pengolahan pakan ternak !
2. Uraikan pemanfaatan mikrobiologi pada pengolahan produk pangan yang bersumber dari hasil ternak!
3. Sebutkan jenis mikroba apa saja yang digunakan dalam pengolahan pakan ternak!
4. Sebutkan pula jenis mikroba yang digunakan dalam pengolahan pangan hasil ternak
5. Uraikan salah satu proses pengolahan pangan hasil ternak

Rangkuman

Untuk mengatasi kurangnya ketersediaan hijauan pakan ternak biasanya peternak memberikan sisa-sisa pertanian maupun perkebunan. Pemanfaatan jerami dan bungkil-bungkilan sebagai pakan tunggal tidak dapat memenuhi kebutuhan nutrisi pada ternak. Hal ini dapat menurunkan produktivitas ternak. Untuk itu, bahan pakan tersebut perlu ditingkatkan nilai nutrisinya dengan melakukan pengolahan, baik fisik, kimia, maupun biologis melalui suatu teknologi pakan yang tepat guna yaitu proses fermentasi dengan menggunakan mikroba. Fermentasi dilakukan dengan cara menambahkan bahan mengandung mikroba proteolitik, lignolitik, selulolitik, lipolitik, dan bersifat fiksasi nitrogen non simbiotik (contohnya : starbio, starbioplus, EM-4, dan lain-lain).

Sementara itu untuk pengolahan pangan yang bersumber dari hasil ternak berupa produk olahan susu dan daging yang difermentasi

juga dengan bantuan mikroba tertentu sesuai dengan substrat yang akan difermentasi dan hasil yang diinginkan. Berdasarkan beberapa hasil penelitian, produk fermentasi dari hasil ternak ini juga dapat memiliki nilai gizi yang diharapkan.

Dalam Islam sendiri sudah diatur tentang penggunaan makhluk hidup seperti mikroorganisme bagi kehidupan manusia. Allah SWT telah menciptakan berbagai makhluk hidup yang beraneka ragam dari benda yang bisa dilihat oleh mata secara langsung ataupun benda-benda kecil seperti halnya mikroorganisme. Salah satu contoh mikroorganisme yaitu kelompok mikroorganisme asam laktat, *Leuconostoc* dan *Bifidobacterium* yang banyak digunakan oleh manusia dalam memproduksi makanan, misalnya manfaat mikroorganisme dalam berbagai produk olahan susu. Hal ini menunjukkan kekuasaan Allah yang begitu besar untuk menciptakan segala sesuatu yang dikehendaki.

QS. Al-Baqarah : ayat 173

إِنَّمَا حَرَّمَ عَلَيْكُمُ الْمَيْتَةَ وَالدَّمَ وَلَحْمَ الْخَنِزِيرِ وَمَا أُهْلَ بِهِ لِغَيْرِ اللَّهِ
فَمَنْ أَضْطُرَّ غَيْرَ بَاغٍ وَلَا عَادٍ فَلَا إِثْمَ عَلَيْهِ إِنَّ اللَّهَ غَفُورٌ رَحِيمٌ

Terjemahnya :

Sesungguhnya Allah hanya mengharamkan bagimu bangkai, darah, daging babi, dan binatang yang (ketika disembelih) disebut (nama) selain Allah. Tetapi barangsiapa dalam keadaan terpaksa (memakannya) sedang dia tidak menginginkannya dan tidak (pula) melampaui batas, maka tidak ada dosa baginya. Sesungguhnya Allah Maha Pengampun lagi Maha Penyayang.

QS. Al-Maaidah: ayat 87

يَا أَيُّهَا الَّذِينَ ءَامَنُوا لَا تَحْرِمُوا طَيِّبَاتِ مَا أَحَلَّ اللَّهُ لَكُمْ وَلَا تَعْتَدُوا إِنَّ
اللَّهَ لَا يُحِبُّ الْمُعْتَدِينَ

Terjemahnya:

Hai orang-orang yang beriman, janganlah kamu haramkan apa-apa yang baik yang telah Allah halalkan bagi kamu, dan janganlah kamu

melampaui batas. Sesungguhnya Allah tidak menyukai orang-orang yang melampaui batas.

Sejauh ini manusia telah menerapkan ilmu pengetahuan untuk memanfaatkan apa yang telah Allah berikan untuk memenuhi kebutuhan hidup. Zaman sekarang telah banyak produk-produk makanan yang menggunakan peranan mikroorganisme dalam proses pembuatannya. Hal ini menunjukkan bahwa semua makhluk yang diciptakan –Nya tiada yang sia-sia, sebagaimana contoh makanan yang telah disebutkan di atas.

Tes Formatif

1. Apa saja yang menjadi faktor pembatas pemanfaatan jerami padi sebagai pakan ternak?
2. Sebutkan ciri-ciri jerami padi fermentasi yang berhasil baik!
3. Apa saja keuntungan menggunakan jerami fermentasi?
4. Apa pula yang menjadi faktor pembatas limbah kulit kakao sebagai pakan ternak?
5. Jelaskan dengan singkat karakteristik sosis yang sudah difermentasi dengan mikrobial

Daftar pustaka

- Abun (2008), Hubungan Mikroflora dengan Metabolisme dalam Saluran Pencernaan Unggas dan Monogastrik. Jurusan Nutrisi dan Makanan Ternak. Fakultas Peternakan Universitas Padjajaran.
- Affandi. 2008. Pemanfaatan urine Sapi yang Difermentasi sebagai Nutrisi Tanaman. <http://affandi21.xanga.com>. Diakses tanggal 2 Agustus 2012
- Akin, H.M. 2005. Virologi Tumbuhan. Yogyakarta: Kanisius.
- Anggorodi, R. 1995. Nutrisi Aneka Ternak Unggas. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Anonim 2007, <http://cybex.deptan.go.id>. Diakses 14 Agustus 2012
- Anonim^a. 2009. Peranan konsorsium dalam limbah sapi. <http://ejournal.unud.ac.id>
- Anonim^b, 2009. Metoda Cepat dan Akurat Deteksi Bakteri Patogen Menggunakan Real Time PCR – Foodproof® Biotecon. <http://www.merckmillipore.co.id>. Diakses 13 Agustus 2012.
- Anonim. 2010. *Teknologi Nano (Nanotechnology)*. Diakses dari <http://nanozr.co.id/>. Tanggal 9 Agustus 2012.
- Baharrudin , W. 2007. Mengelola kulit Buah Kakao Menjadi Pakan Ternak. <http://Disnaksulsel.info/>. Diakses 10 Agustus 2012
- Barazandeh, N. 2008. *Microbiology Titles*. Jerman. Springer-Verlag Berlin Heidelberg Media .
- Betsy dan Keogh. 2005. Microbiology Demystified. McGraw-Hill Publisher. USA.
- Celik, H . Oguz, O . Demet, H.H . Donmez, M . Boydak. 2000 . Efficacy of Polyvinylpyrrolidone in Reducing the Immunotoxicity of Aflatoxin in Growing Broilers. Brit . Poult . Sci . 41(4).
- Cheeke, P.R. 2005. Applied Animal Nutrition, Feeds and Feeding. Third Edition. Pearson Education, Inc., Upper Saddle River, New Jersey.
- Clements, M .J . and C .E . Kleinsmidht . 2003 . Evaluation of Inoculation Techniques for Fusarium Ear Rot dan Fumonisin Contamination in Corn . Plant Dis . 87(2).
- Creager, A.N.H. 2002. The Life of a Virus. Edisi ke-2. University of Chicago Press.
- Dehority, BA (ed.) 2003, *Rumen Microbiology*, University of Nottingham, London
- Djamiko, B., C.S. Simamora dan R.H. Suprpto, 1984. Susu dan Yoghurt. Gabungan Koperasi Susu Indoensia, Pengalangan kerja sama GKSI dengan Fakultas Teknologi Pertanian IPB. Bogor.

- Dwijoseputro.1989.Dasar-dasar Mikrobiologi Dasar. Penerbit Djambatan:Jakarta.
- Endhie, E., Setiawan, Agus, N., Hamidjojo. 1983 . Inventarisasi Flora Bakteri pada Uterus Sapi Perah. Mikrobiologi di Indonesia, Perhimpunan Mikrobiologi Indonesia.
- Ensminger, M.E.B. 1980. Poultry Science. Second Edition. The Interstate, Printers & Publishers, Inc., Danville, Illinois.
- Fardiaz, S., Betty S.L ., dan Jenie. 1983 . Masalah Keamanan Pangan dalam Hubungannya dengan Mikrobiologi Veterineri . Mikrobiologi di Indonesia . Perhimpunan Mikrobiologi Indonesia.
- Harley dan Presscot. 2002. Laboratory Exercise in Microbiology. McGraw-Hill Publisher. USA.
- Hayakawa, K. 1992. Classification and Action of Food Microorganisms. In : Nakasawa, Y. and Hosono, A. (Ed). Function of Fermented Milk, Challenge for The Health Science. Elsevier Applied Science, New York.
- Helferich, W. and D. Westhoff. 1980. All About Yogurt. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliff New York..
- Hungate, RE (ed.) 1966, *The rumen and its microbes*, Academic Press, New York and London.
- Isroi. 2008. KOMPOS. *Makalah. Balai Penelitian Bioteknologi Perkebunan Indonesia*, Bogor.
- Machdum, N. 2007. Penybeab dan Dampak Immunosupresi pada Ayam, <http://www.majalahinfovet.com/2007/08/ternak-sehat-ternak-produktif.html>.
- Mc. Allister, T 2000, 'Learning More About Rumen Bugs: Genetic and Environmental Factors Affecting Rumen Bugs', *Southern Alberta Beef Review*, vol. 2, no. 1.
- Nuraini. 2006. Isolasi kapang karotenogenik untuk memproduksi pakan kaya β karoten dan aplikasinya terhadap ayam ras pedaging dan petelur. Disertasi. Program Pascasarjana Universitas Andalas Padang.
- Nuraini dan Mahata M.E.2009. Pemanfaatan Kulit Buah kakao Fermentasi sebagai Pakan Alternatif Ternak di Daerah Sentra Kakao Padang Pariaman, <http://repository.unand.ac.id>. Diakses 10 Agustus 2012
- Nursirwan, H. 2009. Kualitas Fisik, Kimia dan Organoleptik Salami Kandidat Probiotik Selama Penyimpanan Dingin. <http://repository.ipb.ac.id/bitstream/handle/123>. Diakses 14 Agustus 2012.
- Oim, A. 2008. Pengaruh Kompos Terhadap Ketersediaan Hara Dan Produksi Tanaman Caisin Pada Tanah Latosol Dari Gunung Sindur. Skripsi. IPB Information Resource Center. Diakses 13 Agustus 2012.

- Parrakasi, A. 1983. Ilmu Gizi dan Makanan Ternak Monogastrik. Angkasa, Bandung.
- Pelczar, M.J. 1999. Microbiology. McGraw-Hill International Editions, USA.
- Pelczar, M.J.Jr, and E. Chan. 2008. *Dasar-dasar Mikrobiologi*. Penerbit UI Press. Jakarta.
- Platt, G.C. 1990. Fermented Foods. In : G.G. Birch, G.C. Platt and M.G. Lindley. (Ed.). Foods for the 90s. Elsevier Applied Science, London and New York
- Prescott, L. M, J. P. Harley, dan D. A. Klein. 2008. *Microbiology*. 7th Ed. McGraw-Hill Book Company Inc. USA.
- Preston, T.R. and R.A. Leng. 1987. Matching Ruminant Production Systems with Available Resources in the Tropic and Sub-Tropic, International Colour Production. Stanthorpe, Queensland, Australia.
- Purves dan Sadava. 2003. Life The Science of Biology 7th Edition. Sinauer Associates Inc. New York.
- Rahayu, 2010. **Faktor-faktor Pengaruh, Agen Penyebab dan Cara Penularan Penyakit pada Ternak, Fakultas Pertanian-Peternakan Universitas Muhammadiyah Malang.**
- Rao, M.B., A.M. Tanksale, M.S. Ghatge and V.V. Deshpande. 1998. Molecular and Biotechnological Aspect of Microbial Proteases. J. Microbiol. Mol. Biol. Rev. 62(3).
- Ratledge, C. 1994. Biochemistry of Microbial Degradation. Kluwer Academic Publishers, London.
- Robinson, R.K. and A.Y. Tamime. 1989. Yogurt : Science and Technology. Pergamon Press, London.
- Sanjaya AW, Sudarwanto M, Soejoedono RR, Purnawarman T, Lukman DW, Latif H. 2008. Higiene Pangan. Departemen Ilmu Penyakit Hewan dan Kesehatan Masyarakat Veteriner. Bogor: Fakultas Kedokteran Hewan, Institut Pertanian Bogor.
- Seiler, J. P. 2000. *Good Laboratory Practice*. Swiss. Springer-Verlag Berlin Heidelberg Media , p 61.
- Singleton dan Sainsbury. 2006. Dictionary of Microbiology and Molecular Biology 3rd Edition. John Wiley and Sons. Sussex, England.
- Skinner, F.A. and J.G. Carr. 1981. Microbiology in Agriculture Fisheries and Food. Second Ed. Academic Press Inc., London.
- Sunarlim, R. dan H. Setiyanto. 2001. Penggunaan Berbagai Tingkat Kadar Lemak Susu Kambing dan Susu Sapi terhadap Mutu dan Cita Rasa Yoghurt. Prosiding. Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner. Puslitbangnak, Bogor.
- Suriawiria, U. 1986 . Pengantar Mikrobiologi Umum . Penerbit Angkasa Bandung cetakan ke X.

- Syamsu, J.A. 2006. Kajian Penggunaan Starter Mikroba Dalam Fermentasi Jerami Padi Sebagai Sumber Pakan Pada Peternakan Rakyat di Sulawesi Tenggara. Dalam Seminar Nasional Bioteknologi. Puslit Bioteknologi LIPI: Bogor.
- Trust, Wellcome. 2010. *Nanoteknologi Mendeteksi Bakteri*. http://translate.googleusercontent.com/translate_c?hl=id&langpair=en%7Cid&u Diakses 13 Agustus 2012.
- Victoria, J.G., C. Wang, MS Jones, C. Jaing, K. McLoughlin, S. Gardner, EL Delwart. 2010. Nukleat virus asam hidup-dilemahkan dalam vaksin: deteksi minoritas varian dan adventif sebuah virus.. Journal of Virologi.
- Wagner. (2008). Basic Virology, Australia: Blackwell Publishing.
- Waluyo, Lud. 2004. Mikrobiologi Umum. UMM PRESS, Malang.
- Widodo, S. 2010. Bakteri yang Sering Mencemari Susu. Jurnal Litbang Pertanian, 29(3).
- Wood, B. J. B. 1998. Microbiology of Fermented Foods Volume 2 Second Edition. Thomson Science. USA.
- Yohanes, S. 2004. Bina Sumber Daya MIPA ISBN 979-3070-69-1 Nanoteknologi : teknologi terkini menyambut masa depan.

